No 186 (186) (2026)

The scientific heritage
(Budapest, Hungary)
The journal is registered and published in Hungary.
The journal publishes scientific studies, reports and reports about achievements in different scientific fields.
Journal is published in English, Hungarian, Polish, Russian, Ukrainian, German and French.
Articles are accepted each month.
Frequency: 24 issues per year.
Format - A4
ISSN 9215 — 0365

All articles are reviewed
Free access to the electronic version of journal
Edition of journal does not carry responsibility for the materials published in a journal.
Sending the article to the editorial the author confirms it's uniqueness and takes full responsibility for possible consequences for breaking copyright laws

Chief editor: Biro Krisztian
Managing editor: Khavash Bernat

- Singula Aleksandra - Professor, Department of Organization and Management at the University of Zagreb (Zagreb, Croatia)
- Bogdanov Dmitrij - Ph.D., candidate of pedagogical sciences, managing the laboratory (Kiev, Ukraine)
- Chukurov Valeriy - Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Biochemistry of the Faculty of Physics, Mathematics and Natural Sciences (Minsk, Republic of Belarus)
- Torok Dezso - Doctor of Chemistry, professor, Head of the Department of Organic Chemistry (Budapest, Hungary)
- Filipiak Pawel - doctor of political sciences, pro-rector on a management by a property complex and to the public relations (Gdansk, Poland)
- Flater Karl - Doctor of legal sciences, managing the department of theory and history of the state and legal (Koln, Germany)
- Bence Orban - Doctor of sociological sciences, professor of department of philosophy of religion and religious studies (Miskolc, Hungary)
- Feld Ella - Doctor of historical sciences, managing the department of historical informatics, scientific leader of Center of economic history historical faculty (Dresden, Germany)
- Owczarek Zbigniew - Doctor of philological sciences (Warsaw, Poland)
- Gál Jenő - MD, assistant professor of history of medicine and the social sciences and humanities (Budapest, Hungary)
- Borbély Kinga - Ph.D, Professor, Department of Philosophy and History (Kosice, Slovakia)
- Eberhardt Mona - Doctor of Psychology, Professor, Chair of General Psychology and Pedagogy (Munich, Germany)
- Kramarchuk Vyacheslav - Doctor of Pharmacy, Department of Clinical Pharmacy and Clinical Pharmacology (Vinnytsia, Ukraine)

«The scientific heritage»
Editorial board address: Budapest, Kossuth Lajos utca 84,1204
E-mail: public@tsh-journal.com
Web: www.tsh-journal.com

CONTENT

ART STUDIES

Hrebnieva I.
ARTISTIC AND AESTHETIC FACTORS CONTRIBUTING TO THE RELEVANCE OF MOZART'S VIOLIN CONCERTOS IN CONTEMPORARY PERFORMANCE 3

BIOLOGICAL SCIENCES

Abysheva K., Abzhanova Sh., Makhambetov A., Dulat B., Dairbekova Z.
FIELD MONITORING OF EGG MASSES AND PHENOLOGY OF *HALYOMORPHA HALYS STÅL* IN THE SOUTHERN REGIONS OF KAZAKHSTAN 7

Kadyrova U., Altaeva F., Sadyrbaeva N., Almurat A., Satbek A.
DYNAMICS OF HYDROCHEMICAL AND HYDROBIOLOGICAL PARAMETERS OF BERTYS BAY LAKE BALKASH 14

ECONOMIC SCIENCES

Mustafazade T.
THE ROLE OF EMPLOYEE MOTIVATION IN IMPROVING ORGANIZATIONAL PERFORMANCE 22

Rzayev A.
ARTIFICIAL INTELLIGENCE ADOPTION, QUALITY MANAGEMENT, AND SUSTAINABLE BUSINESS PERFORMANCE: A STUDY ON SMEs.....27

Zabirova E., Nogayev N.
REVIEW OF HEALTHCARE FINANCING SYSTEMS IN DEVELOPED COUNTRIES WITH THE PURPOSE OF DEVELOPING CURRENT SYSTEM IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN 32

Zhumanova G.
ASPECTS OF DIGITAL LITERACY OF EMPLOYEES IN MATTERS OF DIGITALIZATION OF PHARMACIES.....35

PHYSICS AND MATHEMATICS

Komili A.
ABOUT THE ALGEBRA OF MUHAMMAD AL-KHWARIZMI.....39

POLITICAL SCIENCES

Hasanov A.
ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DEMOCRATIC RESILIENCE: THE EUROPEAN UNION'S RESPONSE TO ALGORITHMIC POLARIZATION AND DIGITAL DISINFORMATION 43

ART STUDIES

ХУДОЖНЬО-ЕСТЕТИЧНІ ЧИННИКИ АКТУАЛЬНОСТІ СКРИПКОВИХ КОНЦЕРТІВ МОЦАРТА У СУЧАСНОМУ ВИКОНАВСТВІ

Гребнєва І.В.
Харківський Національний Університет Мистецтв імені І. П. Котляревського
Доцент, доцент кафедри оркестрово струнних інструментів ХНУМ ім. І. П. Котляревського, кандидат мистецтвознавства

ARTISTIC AND AESTHETIC FACTORS CONTRIBUTING TO THE RELEVANCE OF MOZART'S VIOLIN CONCERTOS IN CONTEMPORARY PERFORMANCE

Hrebnieva I.
Associate Professor, Department of Orchestral String Instruments,
Kharkiv I. P. Kotlyarevsky National University of Arts;
PhD in Art Studies
DOI: 10.5281/zenodo.20665142

Анотація

У статті досліджуються художньо-естетичні засади, що зумовлюють актуальність скрипкових концертів Вольфганга Амадея Моцарта в контексті сучасної виконавської практики. Розглядаються структурно-стильові особливості циклу п'яти концертів (KV 207, KV 211, KV 216, KV 218, KV 219), їхній мелодичний універсалізм, діалектика соло та оркестру, що відкриває простір для різноманітних інтерпретаційних підходів. Визначається роль зазначених концертів у формуванні сучасного виконавського канону та їхній вплив на педагогічну практику. Аналізуються інтерпретаційні концепції провідних скрипалів XX та початку XXI століття.

Abstract

This article examines the artistic and aesthetic principles that determine the relevance of Wolfgang Amadeus Mozart's violin concertos in the context of contemporary performance practice. It examines the structural and stylistic features of the cycle of five concertos (KV 207, KV 211, KV 216, KV 218, KV 219), their melodic universalism, and the dialectic between soloist and orchestra, which opens up space for diverse interpretive approaches. The role of these concertos in shaping the modern performance canon and their influence on pedagogical practice is identified. Interpretive concepts of leading violinists of the 20th and early 21st centuries are analyzed.

Ключові слова: Моцарт, скрипковий концерт, виконавська інтерпретація, класична спадщина, сучасне виконавство, скрипкова педагогіка.

Keywords: Mozart, violin concerto, performance interpretation, classical heritage, contemporary performance, violin pedagogy.

Постановка проблеми. Феномен невмирущості музичних текстів минулого в актуальному культурному середовищі залишається одним із найбільш дискутованих питань сучасного мистецтвознавства. Особливого значення ця проблематика набуває стосовно спадщини Вольфганга Амадея Моцарта – митця, чия творчість продовжує визначати магістральні орієнтири концертно-виконавської та педагогічної практики. Скрипкові концерти віденського класика, написані в короткий творчий відрізок 1773–1775 років, і нині займають центральне місце в репертуарі провідних солістів, присутні в програмах найпрестижніших фестивалів та конкурсів, слугують незмінним навчальним матеріалом у вищих музичних закладах. Водночас наукова рефлексія над питанням про те, які саме художньо-естетичні механізми забезпечують цю тривалу й невипадкову присутність, залишається недостатньо систематизованою. Переважна більшість аналітичних досліджень зосереджуються або на суто музикознавчих аспектах (форма, гармонія, оркестровка), або на виконавсько-технологічних питаннях, оминаючи або частково оглядаючи ціннісно-естетичний вимір.

У цьому контексті особливої наукової ваги набуває завдання розкрити глибинні чинники художньої актуальності даних концертів саме в мистецтвознавчому вимірі, тобто через аналіз їхніх іманентних властивостей, що резонують із сучасними виконавськими, слухацькими та педагогічними запитами.

Аналіз досліджень і публікацій. Науковий інтерес до скрипкового доробку Моцарта має тривалу традицію в європейському музикознавстві. Серед фундаментальних праць, що закладали фундамент аналітичного осягнення музичних текстів слід зазначити дослідження Чарльза Розена в праці "The Classical Style", де автор окреслив основні принципи взаємодії соліста й оркестру як модель діалогічного художнього мислення, властивого добі Просвітництва (Rosen, 1971). Тіфрі Тарускін у багатотомній "Oxford History of Western Music" розглядав моцартівські концерти в ширшому культурно-історичному вимірі, записуючи їх у контекст трансформації публічного музичного простору XVIII століття (Taruskin, 2005).

В українській науці питання виконавської інтерпретації класичного репертуару висвітлювалися

в працях Тетяни Гнатів, яка аналізувала принципи роботи зі скрипковим репертуаром у педагогічному дискурсі (Гнатів, 2004), а також у дослідженнях Михайла Степаненка, присвячених проблемам виконавського стилю в українській академічній традиції (Степаненко, 2003). Аспекти художньої інтерпретації класичних концертів розглядалися і в наукових розвідках Ніни Кашкадамової, чиї дослідження виконавської практики посідають помітне місце в українському культурно-науковому просторі (Кашкадамова, 1998). Проте комплексного дослідження, орієнтованого саме на художньо-естетичні чинники актуальності скрипкових концертів Моцарта у сучасному виконавстві, досі не було здійснено, що і підтверджує своєчасність та наукову необхідність пропонованої статті.

Мета дослідження – виявити та систематизувати художньо-естетичні чинники, що зумовлюють стійку актуальність скрипкових концертів Вольфганга Амадея Моцарта в контексті сучасної виконавської практики.

Виклад основного матеріалу. Звернення до проблеми художньої актуальності моцартівських скрипкових концертів передусім вимагає розуміння їхнього генетичного контексту. Усі п’ять концертів, з’явилися в роки перебування Моцарта на посаді придворного музиканта. Написані для власного виконання, вони органічно поєднали в собі формотворчі досягнення пізньобарокового concerto grosso з новаторськими принципами класичного стилю, зафіксувавши той момент, коли інтелектуальна конструктивність та безпосередність знайшли досконалий художній синтез (Einstein, 1945).

Аналізуючи художньо-естетичні чинники актуальності, ватро насамперед зосередитися на тому, яким чином організований у цих партитурах сам музичний час. Оскільки саме організація матеріалу є першою точкою контакту між твором і виконавцем, Л. Майєр переконливо показав, що музичне переживання будується на системі очікувань: слухач несвідомо прогнозує розвиток матеріалу відповідно до засвоєння стильових норм, і коли ці очікування виправдовуються або порушуються, виникає певний естетичний ефект (Meyer, 1989, с.14). У концертах цей механізм працює з певною трепітністю. Так, у перші частині Концерту A-dur (KV 219) після розгорнутої теми оркестру, соліст вступає не з очікуваного віртуозного пасажу, а з цілком новою ліричною темою. Цей момент є естетичним потрясінням не лише для слухача, але навіть досвідчений музикант щоразу відчуває його трішки інакше з точки сприйняття будови музичної думки.

Водночас у самій природі моцартівської мелодії прихований інший, глибший чинник, той, що Дональд Фергюсон визначив як “total melodic consciousness” (Ferguson, 1959, с.244). Основна природа цього твердження полягає у двозначності, а саме здатність теми бути одночасно завершеною і відкритою, простою за будовою, але і в той час складною за смисловим наповненням. Головна тема першої частини концерту G-dur (KV 216) розпочинається широким мелодичним стрибком (від тоніки на сексту), що відразу задає відчуття простору і дихання, проте вже наступному такті мелодія “приземляється” у хроматичному поворотному русі, що несе в собі ледь помітну тінь меланхолії. Цей мікроконфлікт між відкритістю початкового імпульсу і рефлексивністю продовження не є декоративним, а напвпаки радше структурним, так як він визначає весь подальший афективний простір частини. Розен вказував, що саме в таких моментах “ждиний звук здатен змінити характер всього, що оточує його” (Rosen, 1971, с.44) і це спостереження точно описує принцип тематичної організації в творчості, зокрема скрипковій у В. А. Моцарта. Звісно ж, для виконавців це створює певну перешкоду трактування та виконання, оскільки частіше тема вирівнюється до декоративної красивості і тим самим позбавляє її художньої серцевини.

Принципово важливим для розуміння з точки зору художньо-естетичного природи цих концертів є питання фактурної організації, адже композитор демонструє художній прийом, що кардинально відрізняє його від попередників і сучасників. У більшості концертів епохи оркестровий супровід у сольних епізодах є функціонально підлеглим та виконує роль, радше гармонічної підтримки. Але у творчості Моцарта, прослідковується інше зіставлення: оркестр залишається художньо активним навіть тоді, коли соліст проводить головну тему. До прикладу у другій частині (Adagio) Концерту D-dur (KV 218) соло скрипки веде витончену мелодичну лінію, тоді як перші скрипки на штрих pizzicato виписують паралельний мелодичний контур, створюючи ефект “тіні мелодії”. Ефект подвійного голосу є унікальним прийомом, що буквально перетворює оркестр на резонуючу художню свідомість (Keefe, 2001).

Саме ці всі вище перелічені якості із надзвичайною гостротою виявляються у виконавській практиці, і тут доречно звернутися до конкретних інтерпретаційних концепцій, що дозволяють простежити, яким чином різні артисти осмислювали ці художньо-естетичні механізми. Артур Грюміо – бельгійський скрипаль, чиї записи концертів Моцарта з Лондонським симфонічним оркестром під орудою Колена Девіса (1964) увійшли до золотого фонду виконавського мистецтва, будував свою концепцію на принципі мінімальної суб’єктивної інтервенції у текст. Його звук відзначався винятковою рівністю та чистотою, оскільки він використовував обмежене вібрато, смичок вів лінію з майже каліграфічною точністю, і ця дисципліна виявляла у партитурі ті мікроструктури, що зникали під шаром романтичного “удосконалення” (Grumiaux, 1964). Виконання Грюміо вбачає у своїй інтерпретації донесення максимально прозорого тексту, що дозволяє почути Моцарта з максимальною структурною ясністю. Розен описував подібний підхід як реалізацію принципу “gracious sufficiency”, коли кожен елемент є рівно настільки розвинутим, наскільки цього вимагає художня ідея (Rosen, 1971). Парадоксально, але саме ця аскеза потребує найвищої виконавської досконалості.

Зовсім інша художня стратегія визначає обидва записи Анн-Софі Муттер і порівняння їх є надзвичайно продуктивним для розуміння естетичної ємності моцартівського тексту. Перший запис 1978 року, здійснений з Берлінською філармонією під орудою Герберта фон Караяна, коли Муттер виповнилося лише тринадцять років, дивує природною інтонаційною чистотою і ліричною безпосередністю. Тут ми ще не помічаємо сліди концептуального навантаження, лише геніальну музикальність. Муттер свідомо насичує інтерпретацію суб'єктивною динамічною нюансировкою, агогічними відхиленнями і темровими градаціями, що наближаються швидше до романтичної мови прочитання. Деякі критики вбачали в цьому підході порушення стильової норми, однак Майєр застерігав від надмірної ригідності стильових суджень, вказуючи, що "стиль є системою норм і відхилень, і обидва полюси є рівно конститутивними для естетичного ефекту" (Mayer, 1989, с.23). Перспективи інтерпретації Муттер для музикантів відкриває новий горизонт сприйняття та дослідження художнього висловлювання межі тексту Моцарта, межі яку неможливо остаточно визначити.

Ще радикальніше, але не менш художньо обґрунтований шлях обрала Рейчел Подгер у своєму повному записі всіх п'яти концертів (2007), здійсненому на скрипці барокового типу із жильними струнами і смичком без підборіддя. Використання такого музичного інструменту несе в собі не лише тембральні наслідки, а саме кардинально змінюється сама фізика звуковидобування. Оскільки жильні струни дають менш рівний, але живіший, "дихаючий" звук, а барокові смичкові штрихи по-іншому артикулюють початок і кінець; так як відсутність підборіддя змінює баланс тіла, надаючи грі певної фізичної невимушеності – утворюють єдине художньо-естетичне забарвлення, що впливає на сприйняття та робить цей сегмент музичного пласту більш актуальнішим, при цьому зберігаючи автентику.

Проте художньо-естетична актуальність скрипкових концертів Моцарта не вичерпується виконавською поліваріантністю, яку Герман Абер визначив як "приховану складність простоти" (Abert, 1956). Дослідник звертає увагу на те, що композитор наколи не "показує" складності, він їх приховує. У концерті D-dur (KV 218), у розробці першої частини, відбувається стрімке модуляційне розгортання через далекі тональності (h-moll, e-moll), проте зовні цей рух не виглядає "напруженим", навпаки мелодична лінія залишається граціозною, ритм пружним, динаміка – помірною. Складність переживається зсередини, так як виконавець, який не усвідомлює цих тональних зрушень, неминуче "пропустить" їх у фразуванні, що суттєво впливає на художньо-естетичне сприйняття тексту слухачем, оскільки сам момент кульмінації може зникнути. Механізм "прихованої складності" – найглибший і найважче вломий художньо-естетичний чинник виконавської актуальності цих концертів.

Педагогічний вимір цієї актуальності нерозривно пов'язаний із зазначеними виконавськими властивостями і є самостійним художньо-естетичним аспектом. Тетяна Гнатів переконливо показала, що робота над класичним репертуаром формує ті компетенції, які неможливо набути через технічні вправи. Насамперед, здатність мислити "симсловими дугами", тобто відчувати фразу як не суму нот, а як єдиний інтонаційний жест, що має початок і завершення (Гнатів, 2004, с.88). Концерти є в цьому відношенні абсолютно унікальним навчальним матеріалом: фактурна прозорість перетворює будь-яку інтонаційну або артикуляційну неточність на очевидну "помилку", тоді як в густій романтичній фактурі ті самі недоліки легко можна приховати за загальною звуковою насиченістю. Степаненко, осмислюючи досвід педагогічної роботи, наголошував на тому, що саме Моцарт "виховує слух", формує ту загострену акустичну чутливість, без якого неможливе повноцінне виконавство будь-якого стилю (Степаненко, 2003). Дані твердження формують навколо себе цілу закономірність художнього сприйняття та актуальності творів Моцарта на прикладі концертів для скрипки з оркестром. Кашкадамова, у свою чергу, вказувала, що класична традиція є "матрицею" для засвоєння всіх наступних стильових систем (Кашкадамова, 1999): опанувавши принципи моцартівської артикуляції, виконавець отримує мову, якою може описати весь свій наступний досвід, звісно це формує і естетичні смаки, художній досвід.

Висновки. Проведений аналіз дозволяє виявити і систематизувати художньо-естетичні чинники актуальності скрипкових концертів В. А. Моцарта у сучасному виконавстві як цілісну художню систему, що функціонує на кількох взаємопов'язаних рівнях. На рівні музичного часу визначальним є механізм "відхилення від норми" (Meyer, 1989), що породжує невичерпну перцептивну активність твору. На рівні тематизму – феномен тотальної мелодичної свідомості, де тема є водночас і завершеним, і відкритим смисловим потенціалом. На рівні фактури, де кожен голос є незмінним носієм змісту, що перетворює виконання на акт колективного художнього мислення та на рівні виконавської семантики, прихованої складності. Та, як на мене – ліричної антропології, здатність цих партитур виражати внутрішній людський досвід у його позачасовій, надстильовій формі. Усі перелічені чинники є взаємозалежними і утворюють ту неподільну художню цілісність, яка робить скрипкові концерти Моцарта не пам'ятником минулого, а живим художнім текстом, що продовжує "віщати" з кожним новим поколінням виконавців і слухачів.

References

1. Abert H. W. A. Mozart. Leipzig: Breitkopf & Härtel, 1956. – 850 S.
2. Einstein A. Mozart: His Character, His Work. London: Oxford University Press, 1945. – 492 p.
3. Ferguson D. N. A History of Musical Thought. New York: Appleton-Century-Crofts, 1959. – 622 p.
4. Grumiaux A. (performer). Mozart: Violin Concertos. Philips, 1964. [Audio recording].

5. Keefe S. P. Mozart's Piano Concertos: Dramatic Dialogue in the Age of Enlightenment. Woodbridge: Boydell Press, 2001. – 236 p.

6. Leyton R. (ed.) A Companion to the Concerto. London: Helm, 1988. – 350 p.

7. Meyer L. B. Style and Music: Theory, History, and Ideology. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1989. – 380 p.

8. Podger R. (performer). Mozart: Violin Concertos Nos. 1–5. Channel Classics, 2007. [Audio recording].

9. Rosen Ch. The Classical Style: Haydn, Mozart, Beethoven. New York: Norton, 1971. – 467 p.

10. Taruskin R. The Oxford History of Western Music. Vol. 2: The Seventeenth and Eighteenth Centuries. Oxford: Oxford University Press, 2005. – 768 p.

11. Zaslaw N. Mozart's Symphonies: Context, Practice, Reception. Oxford: Clarendon Press, 1989. – 617 p.

12. Гнатів Т. Ф. Виконавська інтерпретація музичного тексту: теоретичні та практичні аспекти. Київ: НМАУ, 2004. – 210 с.

13. Кашкадамова Н. Б. Мистецтво виконання музики на клавішно-струнних інструментах (XIV–XVIII ст.). Тернопіль: Астон, 1998. – 300 с.

14. Степаненко М. Б. Виконавство і педагогіка: вибрані статті та есе. Київ: Музична Україна, 2003. – 180 с.

15. Черкашина-Губаренко М. Р. Опера в просторі і часі. Київ: Задруга, 2003. – 264 с.

BIOLOGICAL SCIENCES

ПОЛЕВОЙ МОНИТОРИНГ ЯЙЦЕКЛАДОК И ФЕНОЛОГИИ *HALYOMORPHA HALYS STÅL* В ЮЖНЫХ РЕГИОНАХ КАЗАХСТАНА

Абышева К.А.
Магистрант, студент кафедры «Пищевая биотехнология» Алматинский Техологический университатет, Казахстан, Алматы, РГП на ПХВ
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-5567-6820
Абжанова Ш.А.
кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Пищевая биотехнология» Алматинский Техологический университатет, Казахстан, Алматы, РГП на ПХВ
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3209-6855
Махамбетов Ә.
магистр биологических наук, лаборант лаборатории молекулярной биологии РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МНВО РК
ORCID: https://orcid.org/0009-0007-8076-8624
Дулат Б.
лаборант лаборатории молекулярной биологии РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МНВО РК
ORCID: https://orcid.org/0009-0000-7000-6887
Даирбекова З.
лаборант лаборатории молекулярной биологии РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МНВО РК
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-1327-084X

FIELD MONITORING OF EGG MASSES AND PHENOLOGY OF *HALYOMORPHA HALYS STÅL* IN THE SOUTHERN REGIONS OF KAZAKHSTAN

Abysheva K.
Master's student, Department of Food Biotechnology, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
Abzhanova Sh.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Food Biotechnology, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
Makhambetov A.
Master of Biological Sciences, Laboratory Assistant, Molecular Biology Laboratory, Plant Biology and Biotechnology Institute, KN MSHE RK, Kazakhstan
Dulat B.
Laboratory Assistant, Molecular Biology Laboratory, Plant Biology and Biotechnology Institute, KN MSHE RK, Kazakhstan
Dairbekova Z.
Laboratory Assistant, Molecular Biology Laboratory, Plant Biology and Biotechnology Institute, KN MSHE RK, Kazakhstan
DOI: 10.5281/zenodo.20665169

Аннотация

В статье рассматриваются результаты полевых и лабораторных исследований по подтверждению распространения и размножения коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* в южных районах Казахстана. В работе уделено особое внимание обнаружению в полевых условиях кладок яиц и оценке их жизнеспособности. Отмечено, что надежное подтверждение локальной репродукции достигается при одновременном выявлении яиц, нимф и имаго на изучаемых площадках. Полевые маршрутные обследования проходили по различным типам растительности: в садах, приусадебных участках, лесополосах и вдоль опушек. Кладки яиц аккуратно срезались вместе с растительной подложкой и выращивались в лаборатории до выхода нимф, что позволило уточнить сроки и условия развития. Применялся фенологический подход: составлялся календарь стадий развития клопа (яйцо–нимфы I–V возрастов–имаго) с учетом температурных факторов. Результаты показали начало лёта имаго и кладку яиц с начала лета, формирование 2–3 поколений в тёплый сезон (аналогично описаниям в соседних регионах). Полученные материалы и методические схемы (карта находок, алгоритм сбора яиц и выращивания до нимф, фенологическая шкала развития) помогут в дальнейшем мониторинге и принятию мер фитосанитарного контроля. Аннотация не повторяет содержания второго документа, а опирается на свежие данные и схемы из литературы и полевых наблюдений.

Abstract

The article presents the results of field and laboratory studies aimed at confirming the distribution and reproduction of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* in the southern regions of Kazakhstan. Particular attention was paid to the detection of egg masses under field conditions and the assessment of their viability. It was noted that reliable confirmation of local reproduction is achieved through the simultaneous detection of eggs, nymphs, and adults within the surveyed areas. Field route surveys were conducted across different vegetation types, including orchards, household gardens, shelterbelts, and forest edges. Egg masses were carefully collected together with the plant substrate and reared under laboratory conditions until nymph emergence, which allowed clarification of developmental timing and conditions. A phenological approach was applied by compiling a developmental calendar of the stink bug stages (egg – nymphs of I–V instars – adult) taking temperature factors into account. The results demonstrated the beginning of adult flight activity and egg laying from early summer, as well as the formation of 2–3 generations during the warm season, similar to observations reported in neighboring regions. The obtained materials and methodological schemes, including a distribution map, an algorithm for egg collection and rearing to nymphs, and a phenological development scale, may contribute to further monitoring activities and the implementation of phytosanitary control measures. The abstract is based on recent field observations and literature data and does not duplicate the content of the second document.

Ключевые слова: мониторинг, кладка яиц, выращивание нимф, фенология, Казахстан, *Halyomorpha halys*, инвазивный вредитель

Keywords: monitoring, egg masses, nymph rearing, phenology, Kazakhstan, Halyomorpha halys, invasive pest.

Введение. Мраморный клоп *Halyomorpha halys Stål* является одним из наиболее опасных инвазивных карантинных вредителей сельскохозяйственных культур, активно распространяющихся за пределами естественного ареала. В последние годы данный вид представляет серьёзную угрозу для агроэкосистем Казахстана вследствие высокой экологической пластичности, широкого спектра кормовых растений и способности адаптироваться к различным климатическим условиям [1]. Распространение вредителя сопровождается увеличением риска повреждения плодовых, овощных и декоративных культур, что может приводить к значительным экономическим потерям в сельском хозяйстве.

Первые сведения о появлении *Halyomorpha halys* на территории Казахстана были зарегистрированы сравнительно недавно. Обнаружение данного вида стало важным сигналом о начале формирования новых очагов инвазии в регионе [2]. В последующие годы были выявлены дополнительные случаи распространения мраморного клопа в различных районах страны, что подтвердило постепенное расширение его ареала и необходимость усиления фитосанитарного мониторинга [3].

Особую актуальность проблема приобретает в условиях Центральной Азии, где климатические особенности благоприятствуют развитию и размножению *H. halys*. Регистрация мраморного клопа на территории Узбекистана свидетельствует о продолжающемся распространении вредителя в пределах региона и потенциальной угрозе дальнейшего увеличения численности популяций в соседних странах [4]. Южные области Казахстана отличаются продолжительным вегетационным периодом и высокими летними температурами, что может способствовать успешной акклиматизации вредителя и прохождению полного жизненного цикла в природных условиях.

Одним из важных направлений современных энтомологических исследований является изучение фенологии и сезонной динамики *H. halys*. Анализ сроков появления яйцекладок, развития нимф и активности имаго позволяет оценивать степень адаптации вредителя к новым условиям среды и прогнозировать возможные вспышки численности. В связи с этим проведение полевого мониторинга яйцекладок мраморного клопа в южных регионах Казахстана имеет важное значение для разработки эффективных мер карантинного контроля и системы интегрированной защиты растений.

Цель настоящего исследования: Цель настоящего исследования заключается в проведении полевого мониторинга яйцекладок и изучении фенологических особенностей *Halyomorpha halys Stål* в южных регионах Казахстана для оценки сезонной динамики популяции, сроков размножения и потенциальной угрозы дальнейшего распространения карантинного вредителя.

Изучение биологии и особенностей развития *H. halys* требует применения как полевых, так и лабораторных методов исследования. Существенное значение имеют работы, посвящённые разведению мраморного клопа в контролируемых условиях, поскольку они позволяют изучать продолжительность жизненного цикла, особенности питания и репродуктивную активность вредителя [5]. Полученные данные используются при разработке систем мониторинга и прогнозировании динамики численности популяций.

Особую роль играет исследование выживаемости имаго и успешности прохождения диапаузы, так как данные факторы напрямую влияют на формирование последующих поколений вредителя. Оптимизация условий содержания *H. halys* в лабораторных условиях позволила установить влияние температуры, влажности и фотопериода на физиологическое состояние особей после зимовки [6]. Эти сведения имеют важное значение при анализе адаптационных возможностей вида в новых климатических регионах, включая юг Казахстана.

Одним из ключевых элементов мониторинга является изучение яйцекладок *H. halys* в природных условиях. Анализ количества яйцекладок, их разме-

щения на растениях и уровня выживаемости позволяет оценивать интенсивность размножения вредителя и особенности его сезонной активности. Кроме того, исследования смертности яиц и деятельности местных паразитоидов имеют важное значение для оценки естественных механизмов биологического контроля популяции [7].

Полевые исследования фенологии *H. halys* также необходимы для определения сроков появления различных стадий развития вредителя и выявления наиболее опасных периодов его активности. В странах, где мраморный клоп уже сформировал устойчивые популяции, отмечено быстрое расширение ареала и значительное повреждение сельскохозяйственных культур [8]. В связи с этим проведение систематического мониторинга в южных регионах Казахстана является необходимым условием своевременного выявления очагов распространения вредителя и разработки эффективных карантинных мероприятий.

Полученные результаты позволят расширить существующие представления о фенологии *H. halys* в условиях Центральной Азии, определить особенности сезонного развития вредителя и оценить потенциальные риски его дальнейшего распространения. Данные исследования могут быть использованы при создании региональных программ фитосанитарного мониторинга и совершенствовании методов интегрированной защиты сельскохозяйственных культур от инвазивных карантинных видов.

Этапы и методы исследования:

Исследование проводилось в несколько последовательных этапов и включало полевые наблюдения, сбор биологического материала, регистрацию фенологических показателей и лабораторный анализ яйцекладок *Halyomorpha halys Stål*. Основной целью работы являлось изучение сезонной динамики развития вредителя, сроков появления яйцекладок и особенностей распределения популяции в условиях южных регионов Казахстана.

На первом этапе исследования осуществлялись маршрутные обследования сельскохозяйственных и пригородных территорий в период вегетационного сезона. Осмотру подвергались плодовые деревья, овощные культуры, декоративные растения и дикорастущая растительность, потенциально пригодная для питания и размножения *H. halys*. Поиск яйцекладок проводился визуальным методом на нижней стороне листьев, где данный вид наиболее часто откладывает яйца. Одновременно фиксировались стадии развития насекомого, численность имаго и нимф, а также характер повреждений растений.

При проведении мониторинга учитывались данные исследований, посвящённых первым случаям распространения *Halyomorpha halys* на территории России, Абхазии и Грузии, где были описаны особенности ранних стадий инвазии и скорость расширения ареала вредителя [9]. Для оценки степени потенциальной опасности вредителя в условиях Казахстана использовались материалы о биологии, экологии и механизмах распространения мраморного клопа в Северной Америке и Европе [10]. Кроме того, принимались во внимание данные о глобальном расширении ареала *H. halys* и его возрастающем влиянии на сельскохозяйственные культуры различных климатических зон [11].

На втором этапе проводился сбор яйцекладок и отдельных особей вредителя для лабораторного анализа. Каждая обнаруженная яйцекладка фотографировалась, маркировалась и помещалась в отдельный контейнер для последующего наблюдения. В лабораторных условиях определялись количество яиц в кладке, процент выхода нимф и наличие признаков паразитирования или естественной гибели. Дополнительно анализировались сроки эмбрионального развития и особенности морфологии яйцекладок.

Фенологические наблюдения проводились регулярно в течение всего периода активности вредителя. Регистрация данных включала определение сроков появления первых яйцекладок, массового выхода нимф, формирования взрослых особей и снижения активности популяции к концу сезона. Полученные результаты сопоставлялись с температурными условиями и особенностями исследуемых агроценозов.

Для обработки результатов использовались методы сравнительного анализа, систематизации и обобщения полевых наблюдений. Полученные данные позволили оценить особенности сезонного развития *Halyomorpha halys* в южных регионах Казахстана и определить основные периоды репродуктивной активности вредителя.

Результаты исследования. В ходе маршрутных обследований различных участков юга Казахстана были зафиксированы локальные очаги присутствия *Halyomorpha halys Stål*. Наиболее часто насекомые встречались в районах с высокой плотностью древесно-кустарниковой растительности, а также вблизи плодовых насаждений и частных приусадебных участков. В процессе полевых наблюдений отмечалось присутствие взрослых особей, нимф различных возрастов и яйцекладок, что указывает на прохождение полного жизненного цикла вредителя в исследуемых условиях [12].

Во время обследований особое внимание уделялось нижней стороне листьев плодовых и декоративных растений, где преимущественно обнаруживались яйцекладки. Наличие кладок совместно с нимфами ранних возрастов свидетельствовало о формировании устойчивых локальных популяций и успешной адаптации вида к условиям региона. В некоторых точках наблюдений фиксировались группы имаго, располагающихся на солнечной стороне кроны, что может быть связано с терморегуляцией и активным питанием.

Полевые наблюдения показали, что наиболее благоприятными местами обитания вредителя являлись участки с умеренной влажностью, густой растительностью и наличием нескольких видов кормовых растений. На открытых территориях численность насекомых была значительно ниже, тогда как в тенистых зонах и защитных насаждениях отмечалось скопление как взрослых особей, так и нимфальных стадий. Подобное распределение связано с особенностями микроклимата и снижением

риска обезвоживания для развивающихся стадий насекомого.

Рисунок 1 – Карта маршрутных обследований и точек обнаружения Halyomorpha halys на территории исследования.

На рисунке отображены основные точки полевых сборов, участки обнаружения имаго, яйцекладок и нимфальных стадий. Карта демонстрирует локальный характер распределения вредителя и позволяет определить наиболее вероятные зоны дальнейшего распространения.

Рисунок 2 – стадии развития клопа: яйца, нимфы, имаго

На рисунке представлены ключевые морфологические стадии развития *H. halys.* Фиксация всех стадий подтверждает активное размножение популяции на территории сада.

В ходе исследования была прослежена последовательность развития *Halyomorpha halys* от яйцекладки до взрослой особи. Появление первых яйцекладок наблюдалось в начале теплого периода сезона, после чего фиксировалось постепенное увеличение численности нимф ранних возрастов. Наиболее часто в полевых условиях встречались нимфы II–III возрастов, локализующиеся на листьях и молодых побегах растений [12].

Нимфальные стадии отличались не только размерами тела, но и окраской. Ранние стадии характеризовались ярко выраженной оранжево-красной пигментацией с темными участками, тогда как более поздние возраста приобретали типичную буровато-мраморную окраску. Подобные изменения

связаны с постепенным развитием покровов и переходом к взрослой морфологии.

При анализе распределения стадий развития было установлено, что яйца и нимфы ранних возрастов преимущественно располагались на нижней стороне листьев, тогда как нимфы старших возрастов и имаго чаще встречались на плодах и верхних участках растений. Это может быть связано с изменением пищевых потребностей и повышенной подвижностью взрослых стадий.

Важным наблюдением стало одновременное присутствие нескольких стадий развития на одном участке, что указывает на растянутый период размножения. Подобная особенность значительно усложняет мониторинг и контроль численности вредителя, поскольку в популяции одновременно присутствуют как молодые, так и зрелые особи [13].

Одним из ключевых этапов исследования являлся сбор яйцекладок *Halyomorpha halys* и их последующее выращивание в лабораторных условиях. Яйцекладки аккуратно изымались вместе с фрагментом листовой пластинки и помещались в индивидуальные контейнеры с контролируемыми условиями влажности и температуры. Подобный метод позволял минимизировать механические повреждения и сохранить жизнеспособность материала.

В лабораторных условиях проводилось ежедневное наблюдение за состоянием яиц и процессом выхода нимф. Было установлено, что перед выходом молодых особей окраска яиц постепенно изменялась: первоначально светло-зеленые яйца становились более темными, а через оболочку начинали просматриваться элементы формирующегося тела нимфы. После завершения эмбрионального развития происходил синхронный выход молодых особей [13].

Нимфы первых возрастов после выхода из яиц в течение определенного времени сохраняли группировку вокруг кладки, после чего постепенно расселялись по поверхности растения. В процессе выращивания отмечались изменения окраски и размеров тела, а также увеличение подвижности с переходом к старшим возрастам. Подобные наблюдения позволили проследить основные этапы постэмбрионального развития вида [14].

Полученные результаты подтверждают, что *Halyomorpha halys* способен успешно завершать развитие в условиях юга Казахстана. Это свидетельствует о высокой вероятности дальнейшего закрепления вида на исследуемой территории и формирования стабильных популяций в агроценозах региона.

Лабораторное выращивание яйцекладок подтвердило жизнеспособность материала и позволило проследить основные этапы развития нимфальных стадий. Полученные данные могут быть использованы при разработке систем мониторинга и раннего выявления очагов распространения *Halyomorpha halys* в агроэкосистемах Казахстана [14].

Обсуждение результатов. Проведённое исследование позволило получить новые сведения о распространении и биологических особенностях *Halyomorpha halys Stål* на территории юга Казахстана. В отличие от ранее опубликованных работ, основное внимание в данной работе было сосредоточено не только на регистрации присутствия вредителя, но и на анализе его репродуктивной активности, особенностей развития и способности формировать устойчивые локальные популяции в природных и антропогенных экосистемах. Такой подход позволил оценить не просто факт проникновения инвазивного вида, а степень его адаптации к условиям исследуемого региона [15].

Одним из наиболее значимых результатов стало обнаружение яйцекладок и нимф различных возрастов непосредственно в полевых условиях. Наличие нескольких стадий развития одновременно указывает на прохождение полного жизненного цикла *Halyomorpha halys* в исследуемой зоне. Это особенно важно для юга Казахстана, поскольку ранее подобные сведения носили ограниченный характер и чаще основывались только на единичных находках взрослых особей. Полученные данные свидетельствуют о том, что климатические условия региона являются благоприятными для развития и размножения данного вида, что увеличивает риск его дальнейшего закрепления в агроценозах и урбанизированных территориях.

Полевые наблюдения показали, что вредитель демонстрирует выраженную связь с участками, характеризующимися разнообразием древесной и кустарниковой растительности. Подобная особенность объясняется широким спектром кормовых растений, используемых *H. halys* на различных стадиях развития. Обнаружение насекомых вблизи плодовых насаждений указывает на потенциальную угрозу для садоводства и частных хозяйств, поскольку именно такие территории обеспечивают благоприятные условия для питания, укрытия и размножения вредителя. В ходе исследования также было отмечено, что на участках с более стабильным микроклиматом и повышенной влажностью численность нимфальных стадий была выше, чем на открытых и сухих территориях. Это подтверждает зависимость ранних стадий развития от внешних экологических факторов.

Существенное значение имело лабораторное выращивание яйцекладок и наблюдение за выходом нимф. Данный этап позволил проследить развитие насекомого в контролируемых условиях и подтвердить жизнеспособность собранного материала. Полученные результаты показали, что яйца успешно завершали эмбриональное развитие, а вышедшие нимфы сохраняли активность и проходили последующие стадии роста. Такие наблюдения свидетельствуют о высокой адаптационной способности вида и его потенциале к дальнейшему распространению. Кроме того, выращивание материала в лабораторных условиях позволило более детально изучить морфологические особенности различных возрастов, что имеет практическое значение для диагностики вредителя при проведении мониторинга [15].

Отдельного внимания заслуживает фенологический анализ стадий развития. В ходе исследова-

ния была установлена последовательная смена возрастных стадий и выявлены особенности распределения нимф и взрослых особей на растениях-хозяевах. Наблюдения показали, что яйцекладки и молодые нимфы преимущественно локализуются на нижней стороне листьев, тогда как старшие стадии и имаго перемещаются на плоды и более открытые части растения. Подобные данные имеют прикладное значение при разработке методик обследования и раннего выявления вредителя в условиях полевого мониторинга.

Практическая значимость выполненной работы заключается в создании основы для дальнейшего фитосанитарного контроля *Halyomorpha halys* на территории Казахстана. Полученные сведения могут использоваться при разработке программ мониторинга, определении периодов наибольшей активности вредителя и совершенствовании методов раннего обнаружения очагов распространения. Кроме того, результаты исследования позволяют оценить потенциальные риски для сельскохозяйственных культур региона и подтверждают необходимость дальнейшего изучения экологических особенностей данного инвазивного вида.

Таким образом, проведённая работа показала, что *Halyomorpha halys* способен успешно адаптироваться к условиям юга Казахстана, проходить полный цикл развития и формировать устойчивые локальные популяции. Полученные результаты расширяют существующие представления о распространении вредителя в Центральной Азии и подчёркивают необходимость продолжения комплексных исследований, направленных на изучение его биологии, фенологии и путей дальнейшего распространения [15].

Заключение: Таким образом, проведённая работа показала, что *Halyomorpha halys* способен успешно адаптироваться к условиям юга Казахстана, проходить полный цикл развития и формировать устойчивые локальные популяции. Полученные результаты расширяют существующие представления о распространении вредителя в Центральной Азии и подчёркивают необходимость продолжения комплексных исследований, направленных на изучение его биологии, фенологии и путей дальнейшего распространения [15].

Источник финансирования исследований. Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, грант № BR22887230 «Создание эффективной системы управления численностью популяций карантинных вредных организмов, ограничено распространенных на территории Республики Казахстан».

References

1. Azhimakhan S., Suleiman M.A., Khassanov V.T., Dulat B., Dairbekova Z.K. Brown-marmorated stink bug (*Halyomorpha halys* Stål) — dangerous quarantine pest for the territory of Kazakhstan // Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2025. No. 4(128). P. 4–15. DOI: 10.51452/kazatu.2025.4(128).2049.

2. Esenbekova P.A. [First record of *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera, Pentatomidae) from Kazakhstan] // Euroasian Entomological Journal. 2017. Vol. 16, No. 1. P. 23–24. DOI: 10.15298/euroasentj.16.1.05. (in Russian)

3. Temreshev I.I., Esenbekova P.A., Uspanov A.M. New records of a dangerous invasive pest — brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* Stal, 1855 (Heteroptera: Pentatomidae) in Kazakhstan // Acta Biologica Sibirica. 2018. Vol. 4, No. 3. P. 94–101. DOI: 10.14258/abs.v4i3.4413.

4. Gandjaeva L.A., Hudayberdieva M.O., Abdullaev I.I., Mirzayeva G.S., Yusupboev E.K. First record of *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) from Uzbekistan // Zoosystematica Rossica. 2022. Vol. 31, No. 2. P. 329–331. DOI: 10.31610/zsr/2022.31.2.329.

5. Medal J., Smith T., Fox A., Santa Cruz A., Poplin A., Hodges A. Rearing the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) // Florida Entomologist. 2012. Vol. 95, No. 3. P. 800–802. DOI: 10.1653/024.095.0339.

6. Taylor C.M., Coffey P.L., Hamby K.A., Dively G.P. Laboratory rearing of *Halyomorpha halys*: methods to optimize survival and fitness of adults during and after diapause // Journal of Pest Science. 2017. Vol. 90. P. 1–9. DOI: 10.1007/s10340-017-0881-9.

7. Jones A.L., Jennings D.E., Hooks C.R.R., Shrewsbury P.M. Field surveys of egg mortality and indigenous egg parasitoids of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in ornamental nurseries in the mid-Atlantic region of the USA // Journal of Pest Science. 2017. Vol. 90. P. 1159–1168. DOI: 10.1007/s10340-017-0890-8.

8. Musolin D.L., Konjević A., Karpun N.N., Protsenko V.Ye., Ayba L.J., Saulich A.K. Invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* in Russia, Abkhazia, and Serbia: history of invasion, range expansion, early stages of establishment, and first records of damage to local crops // Arthropod-Plant Interactions. 2018. Vol. 12, No. 4. P. 517–529. DOI: 10.1007/s11829-017-9583-8.

9. Gapon D.A. First records of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) in Russia, Abkhazia, and Georgia // Entomological Review. 2016. Vol. 96. P. 1086–1088. DOI: 10.1134/S001387381608011X.

10. Leskey T.C., Nielsen A.L. Impact of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe: history, biology, ecology, and management // Annual Review of Entomology. Palo Alto: Annual Reviews, 2018. Vol. 63. P. 599–618. DOI: 10.1146/annurev-ento-020117-043226.

11. Rice K.B., Bergh J.C., Bergmann E.J., Biddinger D.J., Dieckhoff C., Dively G., Fraser H., Gariepy T., Hamilton G.C., Haye T., Herbert D.A. Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) // Journal of Integrated Pest Management. 2014. Vol. 5, No. 3. P. A1–A13. DOI: 10.1603/IPM14002.

12. Haye T., Gariepy T., Hoelmer K., Rossi J.-P., Streito J.-C., Tassus X., Desneux N. Range expansion of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*: an increasing threat to field, fruit and vegetable crops worldwide // Journal of Pest Science.

2015. Vol. 88. P. 665–673. DOI: 10.1007/s10340-015-0670-2.

13. Lee D.H., Short B.D., Joseph S.V., Bergh J.C., Leskey T.C. Review of the biology, ecology, and management of *Halyomorpha halys* in China, Japan, and the Republic of Korea // Environmental Entomology. 2013. Vol. 42, No. 4. P. 627–641. DOI: 10.1603/EN13006.

14. Mengdibayeva G.Zh., Mukhamadiyev N.S., Kurmangaliyeva N.D., Kenes N.T., Dauletkeldi Y., Seitzhan A.M., Shakerov A.S., Akbayev N., Anuarbekov K. Developmental characteristics of the brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) under the conditions of southeastern Kazakhstan // Caspian Journal of Environmental Sciences. 2026. Vol. 24. P. 1–10. DOI: 10.22124/cjes.2026.9492.

15. Mityushev I.M. Коричнево-мраморный клоп – новая угроза овощеводству на юге России // Картофель и овощи. 2020. № 5. С. 20–24. DOI: 10.25630/PAV.2020.11.69.004. (In Russ.)

ДИНАМИКА ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БУХТЫ БЕРТЫС ОЗЕРА БАЛХАШ

Кадырова У.В.
Балхашский филиал ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», научный сотрудник, гидробиолог
Алтаева Ф.А.
Балхашский филиал ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», заведущий комплексной рыбохозяйственной лаборатории
Садырбаева Н.Н.
Балхашский филиал ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», старший научный сотрудник, гидробиолог
Алмурат А.Р.
Балхашский филиал ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», младший научный сотрудник, гидрохимик
Сатбек А.Т.
НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби», докторант 2-го курса

DYNAMICS OF HYDROCHEMICAL AND HYDROBIOLOGICAL PARAMETERS OF BERTYS BAY LAKE BALKASH

Kadyrova U.
Balkhash branch of Scientific and Production Center of Fisheries LLP, researcher, hydrobiologist
Altaeva F.
Balkhash branch of Scientific and Production Center of Fisheries LLP, head of the integrated fisheries Laboratory
Sadyrbaeva N.
Balkhash branch of Scientific and Production Center of Fisheries LLP, Senior Researcher, hydrobiologist
Almurat A.
Balkhash branch of Scientific and Production Center of Fisheries LLP, Junior Researcher, hydrochemist
Satbek A.
NAO "Al-Farabi Kazakh National University", 2nd year doctoral student
DOI: 10.5281/zenodo.20665196

Аннотация

В статье изложены гидрохимические и гидробиологические данные бухты Бертыс озера Балхаш в межгодовой динамике с 2023 по 2025 годы. Представлены основные физико-гидрохимические параметры водной среды и структурные характеристики планктонных и бентосных организмов. Так же определен трофический статус акватории бухты Бертыс, на основе расчетных значений биомассы фито-зоопланктона и бентоса.

Annotation

The article presents the hydrochemical and hydrobiological data of Bertys Bay of Lake Balkhash in the inter-annual dynamics from 2023 to 2025. The main physico-hydrochemical parameters of the aquatic environment and the structural characteristics of planktonic and benthic organisms are presented. The trophic status of the Bertys Bay water area was also determined based on calculated values of the biomass of phyto-zooplankton and benthos.

Ключевые слова: гидрохимический режим, фитопланктон, зоопланктон, бентос, численность, биомасса и биопродуктивность.

Keywords: hydrochemical regime, phytoplankton, zooplankton, benthos, abundance, biomass and bioproductivity.

Изучение водоемов необходимо для определения оценки качества воды, экологического состояния и их трофического статуса, что позволит своевременно выявлять происходящие изменения и предотвращать их.

Комплексные исследования проводились на 4 станциях в бухте Бертыс (озеро Балхаш). В течение периода наблюдений было собрано и проанализировано 47 гидрохимических и 141 гидробиологическая проба.

Бухта Бертыс расположена в западной части озера Балхаш на северном побережье, испытывающий влияние как природных гидрологических процессов, так и антропогенных факторов.

Глубины в акватории бухты Бертыс в период исследований составляли в 2023 г. – 7,6 м, в 2024 г. – 6,3 м, в 2025 г. – 5,5 м. Температура воды в межгодовой динамике за летний период варьировала в пределах от 21,7 °С (2024 г.) до 23,7 °С (2025 г.).

Прозрачность воды бухты Бертыс в рассматриваемый период изменялась в широком диапазоне

от 46 см до 221 см. Данный показатель для бухты Бертыс в значительной степени зависит от погодных условий и сгонно-нагонных явлений.

Реакция водной среды (pH) в течение рассматриваемого периода изменялась от слабощелочной до щелочной, ее значения по шкале pH находились в пределах 7,18–8,79. В основном показатели pH связаны с межсезонными явлениями и внутриводоемными процессами.

Газовый режим водной среды характеризовался благоприятными условиями для развития гидробионтов. Содержание растворённого кислорода в воде бухты Бертыс в расматриваемый период подвержено межсезонным колебаниям и характеризуется следующими величинами мин - 5,80мг O_2/дм^3 летом и макс-12,7 мгO_2/дм^3 в зимний период.

По количеству органического вещества, определяемому по величине перманганатной окисляемости, в исследуемый период наблюдалось увеличение значений данного показателя., в 2023 году она составляла 6,63 мгО/дм³,в 2024 году – 7,81 мгО/дм³ и в 2025 году – 9,36 мгО/дм³.

Концентрации биогенных элементов в целом оставались невысокими, что характерно для всего оз. Балхаш. В период 2023–2025 гг. содержание аммонийного азота составляло 0,03–0,05 мг/дм³, нитритов 0,007 – 0,009 мг/дм³ (рисунок 1). Концентрация нитратов уменьшилась с 0,99 до 0,60 мг/дм³, а концентрация фосфатов имела повышенные значения в 2024 году – 0,19 мг/дм³, однако не превысила нормативов качества для рыбохозяйственных водоемов, также как и концентрации других биогенных элементов.

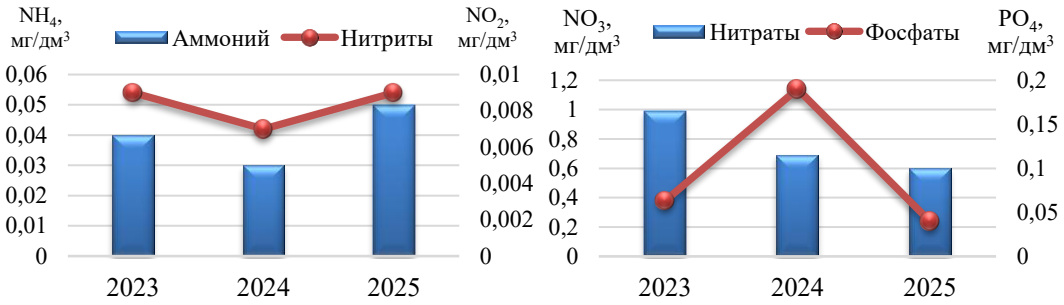

Рисунок 1 – Межгодовая динамика содержания биогенов (мг/дм³) в воде бухты Бертыс

Общая жёсткость воды бухты Бертыс за период 2023–2024 гг. характеризуется стабильными показателями. Согласно классификации жёсткости природных вод, вода бухты Бертыс относится к категории очень жёстких вод и за исследуемый период характеризуется средней величиной 13,0мг-экв/дм^3.

Минерализация воды бухты Бертыс, относительно многолетних данных, оставалась высокой. За период 2023-2025г. ее величина находилась в пределах 2,1 – 2,2 г/дм^3

Соотношение основных составляющих солевого состава воды бухты Бертыс на протяжении многих лет остается постоянным и зависит только от уровенного режима. Преобладающими ионами являются сульфаты, ионы натрия и магния (рисунок 2).

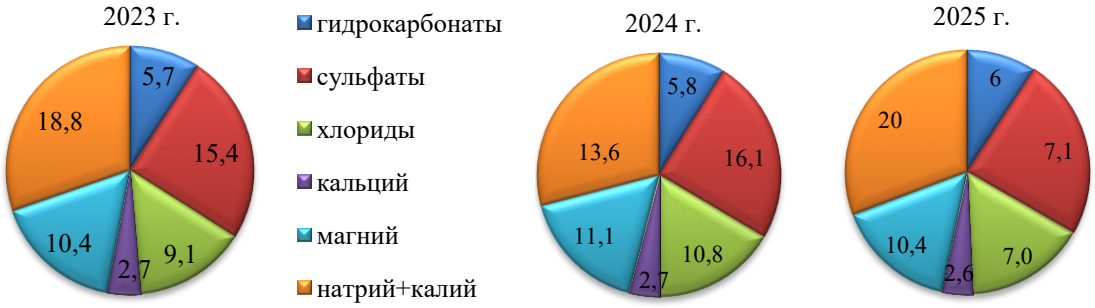

Рисунок 2 – Соотношение главных ионов (%-эквивалент) в воде бухты Бертыс

Анализ результатов гидрохимических исследований воды бухты Бертыс за 2023–2025 гг. показал, что водная среда характеризуется относительной стабильностью основных гидрохимических показателей и в целом остаётся благоприятной для существования водных организмов. Значения реакции среды изменяется от слабощелочных до щелочных вод, и зависит от сезона. Слабощелочная среда в воде бухты наблюдалась в зимнее время. В летний период величина pH возрастала до показателей щелочной среды.

Содержание растворённого кислорода в воде бухты в течение всего периода наблюдений находилось на уровне, достаточном для нормального функционирования водоемов рыбохозяйственного значения.

Минерализация воды бухты Бертыс в исследуемый период оставалась относительно высокой и

соответствовала солоноватому типу вод, характерному для большей акватории озера Балхаш. По ионному составу вода бухты Бертыс характеризуется преобладанием сульфат-ионов и катионов натрия. Согласно классификации О.А. Алекина [2], вода относится к сульфатному классу натриевой группы.

Общая жёсткость воды бухты Бертыс относится к категории очень жёстких вод, что обусловлено повышенным содержанием ионов магния и кальция, с преобладанием ионов магния.

По содержанию биогенов вода бухты в исследуемый период относится к 1 классу водопользования[1].

Альгоценоз бухты Бертыс в период с 2023 по 2025 годы был представлен всего 64 таксонами состоящие из 6 систематических отделов: диатомовые – 45, зеленые – 5, цианобактерии – 8, харофиты, эвгленовые и динофлагелляты по 2. Богатым видовым разнообразием отмечались диатомеи – 70,3 %.

Таблица 1

Таксономический список и частота встречаемости (%) фитопланктона в бухте Бертыс за 2023-2025 годы

Таксон	Бухты Бертыс		
	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Отдел *Bacillariophyta* – Диатомовые			
Amphora ovalis Kütz.	16,7	18,8	18,8
Aulacoseira granulata (Ehr.) Simons.	-	-	6,3
Brebissonia lanceolata (C.Ag.) R.K.Mahon. & Reim.	8,3	-	-
Caloneis formosa (Greg.) Cl.	-	6,3	-
Cocconeis placentula (Ehr.)	50	-	25
C. pediculus (Ehr.)	-	31,3	12,5
Cymbella cymbiformis C.Ag.	8,3	12,5	18,8
Craticula cuspidata (Kutz.) D.G.Mann		6,3	6,3
Diatoma elongatum (Lyngb.) C. Ag.	66,7	62,5	31,3
D. vulgaris Bory	-	12,5	37,5
Diatoma sp.	-	-	6,3
Diploneis ovalis (Hilse) Cl.	41,7	25	-
D. rupestris Skvortzow	-	6,3	-
Epithemia argus (Ehr.) Kütz.	8,3	6,3	12,5
E. adnata (Kütz.) Breb.	-	-	12,5
Entomoneis paludosa (W.Sm.) Reim.	25	12,5	31,3
Halamphora coffeiformis (C.Ag.) Mereschk.	-	-	12,5
Fragilaria sp.	-	-	18,8
Gomphonema longiceps Ehr.	-	-	18,8
Lindavia comta (Kütz.) T.Nakov & al.	16,7	18,8	50
Licmophora sp.	25	18,8	6,3
Nitzschia angustata Grun.	-	6,3	-
N. acicularis (Kütz.) W.Sm.	-	18,8	18,8
N. gracilis Hantz.	25	31,3	31,3
N. linearis W.Sm.	8,3	6,3	18,8
N. sigma (Kütz.) W.Sm.	-	-	12,5
Nitzschia sp.	-	-	12,5
Navicula cryptocephala Kütz.	8,3	12,5	12,5
N. gregaria Donkin	-	12,5	6,3
Navicula sp.	33,3	31,3	6,3
Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehr.	41,7	25	6,3
P. interrupta W. Sm.	25	6,3	6,3
P. microstauron (Ehr.) Cl.	-	-	6,3
Pinnularia sp.	-	-	6,3
Placoneis gastrum (Ehr.) Mereschk.	33,3	18,8	18,8
Paraplaconeis placentula (Ehr.) Kulikovskiy & Lange-Bert.	8,3	6,3	-
Planothidium lanceolatum (Breb. ex Kütz.) Lange-Bertalot	-	-	6,3
Rhoicosphenia abbreviata (C.Ag.) Lange-Bert.	-	6,3	-
Rhopalodia gibba (Ehr.) O.Müll.	41,7	12,5	12,5
Rhopalodia gibba var. ventricosa (Ehr.) Grun.	25	37,5	37,5
Surirella ovalis Breb.	-	6,3	
S. ovata Kütz.	-	-	6,3
Tryblionella hungarica (Grun.) Freng.	25	25	-

T. punctata W.Sm.	-	-	18,8
Ulnaria ulna (Nitzsch) Comp.	83,3	62,5	81,3
Итого 45	22	30	36
Отдел *Charophyta* – Харофиты			
Desmidium swartzii J. Ralfs	-	25	-
Mougeotia sp.	-	-	12,5
Итого 2		1	1
Отдел *Chlorophyta* – Зеленые			
Dictyosphaerium ehrenbergianum Näg.	-	-	12,5
Lagerheimia geneviensis Chod.	8,3	6,3	12,5
Mucidosphaerium pulchellum (H.C.Wood) C.Bock	8,3	6,3	12,5
Planctonema lauterbornii Schmidle	-	6,3	25
Oocystis lacustris Chod.	41,7	12,5	25
Итого 5	3	4	5
Отдел *Cyanobacteria* – Цианобактерии			
Chroococcus minor (Kütz.) Näg.	-	-	6,3
Gloeocapsopsis crepidinum (Thur.) Geit. ex Kom.	-	6,3	6,3
G. magma (Breb.) Kom. & Anagn. ex Kom.	-	-	6,3
Gloeocapsa sp.	-	-	31,3
Gomphosphaeria aponina Kütz.	-	-	6,3
Leptolyngbya tenuis (Gom.) Anagn. & Kom.	-	6,3	31,3
Spirulina laxa G.M.Smith	8,3	6,3	-
Snowella lacustris (Chod.) Kom. & Hindak	41,7	12,5	62,5
Всего 8	2	4	7
Отдел *Dinoflagellata* – Динофлагелляты			
Gymnodinium sp.	-	-	6,3
Peridinium sp.	16,7	6,3	-
Всего 2	1	1	1
Отдел *Euglenophyta* – Эвгленовые			
Lepocinclis sp.	-	6,3	-
Trachelomonas sp.	41,7	18,8	25
Итого 2	1	2	1
Всего 64	29	42	51

В 2023 году в сообществе фитопланктона было зарегистрировано 29 таксонов, в последующие годы исследований видовой состав расширился до 42 (2024 г.) и 51 (2025 г.), что, скорее всего, связано с экологическими изменениями условий среды. Увеличение количества видов шло почти по всем отделам водорослей, за исключением эвгленовых и динофитовых, их распределение было равномерным по годам.

Повсеместным распространением (50–83,3 %) отмечались таксоны: в 2023 году *C. placentula*, *D. elongatum*, *U. ulna*, в 2024 году те же виды, кроме *C. placentula,* в 2025 году *L. comta*, *U. ulna* и *S. lacustris*.

Ядро альгоценоза в течение трех лет исследований создавали: *A. ovalis C. cymbiformis*, *D. elongatum*, *E. argus*, *E. paludosa*, *L. comta*, *Licmophora* sp., *N. gracilis, N. linearis*, *N. cryptocephala*, *Navicula* sp., *P. viridis*, *P. interrupta*, *P. gastrum*, *R. gibba*, *R. gibba var. ventricosa*, *U. ulna*, *L. geneviensis*, *M. pulchellum*, *O. lacustris*, *S. lacustris*, *Trachelomonas* sp.

Межгодовая динамика сходства альгоценоза по Сёренсену составила 0,76–0,55–0,65, что говорит о среднем (2023–2025 гг.) и высоком (2023–2024 и 2024–2025 гг.) сходстве видового состава, а так же свидетельствует об устойчивости структуры фитопланктонного сообщества.

В 2023 году основу численности и биомассы создавали диатомеи – 73,3 % и 91,3 % соответственно (таблица 2). Преобладали по численности *D. elongatum* (8,0 %), *U. ulna* (9,4 %) и по биомассе *D. ovalis* (76,5 %).

Таблица 2

Количественное развитие фитопланктона в бухте Бертыс в период с 2023 по 2025 годы

Отдел водорослей	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Численность, млн.кл/м^3			
Диатомовые	33,7	45,0	141,4
Харофиты	-	49,3	0,4
Зеленые	4,7	3,2	16,3
Цианобактерии	4,3	3,5	13,9
Динофлагелляты	1,0	0,3	0,2
Эвгленовые	2,3	2,8	5,2
Всего:	46,0	104,1	177,4
Биомасса мг/м^3			
Диатомовые	208,101	262,764	334,960
Харофиты	-	265,950	0,415
Зеленые	2,763	8,780	8,363
Цианобактерии	8,415	5,859	19,763
Динофлагелляты	1,580	0,395	0,347
Эвгленовые	7,070	8,333	8,206
Всего:	227,929	552,081	372,054

В 2024 году лидирующую позицию занимали по количественным показателям диатомеи (43,2 % и 47,6 %) и харофиты (47,4 % и 48,2 %). С наибольшей численностью среди диатомовых водорослей были отмечены *U. ulna* – 5,5 % и *D. elongatum* – 8,4 %. Биомасса среди видов была равномерная, ярко выраженных доминантов не обнаружено. Харофиты были представлены одним видом *D. swartzii*.

В 2025 году, как и в 2023 году, максимальную численность (79,7 %) и биомассу (90 %) производили диатомовые водоросли, за счет развития *U. ulna* – 37,7 % (численность) и 30,7 % (биомасса).

Исходя из шкалы трофности Китаева [3] биопродуктивность бухты Бертыс озера Балхаш в период исследования варьировала от очень низкого класса α–олиготрофного типа (2023 г., 2025 г.) до низкого класса β–олиготрофного типа (2024 г.).

Зоопланктон бухты Бертыс за трехлетний период был представлен 29 таксонами, из которых 15 коловратки, 5 ветвистоусые и 9 веслоногие рачки (таблица 3).

Таблица 3

Таксономический список и частота встречаемости (%) зоопланктона в бухте Бертыс за 2023–2025 годы

Таксон	Бухта Бертыс		
	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Rotifera – Коловратки			
Synchaeta stylata Wierzejski	-	25	-
S. pectinata Ehrenberg	-	-	6,3
Polyarthra dolichoptera dolichoptera Idelson	16,7	-	-
P. remata Skorikov	-	-	12,5
Polyarthra sp.	8,3	-	-
Trichotria truncata truncata (Whitelegge)	-	-	6,3
Euchlanis dilatata dilatata Ehrenberg	-	6,3	6,3
E. deflexa deflexa Gosse	-	25	-
E. pyriformis Gosse	-	-	18,8
Brachionus quadridentatus ancylognathus Schmarda	8,3	-	-
Keratella cochlearis cochlearis (Gosse)	16,7	-	-
K. quadrata quadrata (Muller)	16,7	-	-
Notholca acuminata acuminata (Ehrenberg)	-	6,3	18,8
Hexarthra oxyuris (Zernov)	33,3	-	-
H. fennica (Levander)	25	6,3	-
Итого: 15	7	5	6
Cladocera – Ветвистоусые			
Diaphanosoma lacustris Korinek	91,7	50	68,8
Alona costata Sars	-	12,5	-
A. guttata Sars	-	-	6,3
A. rectangula Sars	-	-	6,3
Bosmina longirostris (O. F. Muller)	-	6,3	-
Итого: 5	1	3	3
Copepoda – Веслоногие			

Arctodiaptomus salinus (Daday)	100	100	100
Paracyclops fimbriatus (Fischer)	-	6,3	12,5
Cyclops vicinus Uljanin	66,7	68,8	93,8
C. kolensis (Lilljeborg)	-	6,3	-
Acanthocyclops americanus americanus Marsh	16,7	6,3	-
A. venustus (Norman et Scot)	-	6,3	-
Mesocyclops leuckarti (Claus)	100	75	75
Thermocyclops crassus (Fischer)	50	68,8	62,5
Harpacticoida gen. sp.	36,9	6,3	32
Итого: 9	6	9	6
Всего: 29	14	17	15

Количество таксонов по годам почти равноценно, однако 18 из них встречены единожды за период исследования, из них 67 % составили коловратки, 22 % ветвистоусые и 11 % веслоногие рачки. Коэффициент сходства зоопланктоценозов между годами по Серенсену [4, 5] составил 0,52–0,41–0,56, где наибольшие значения имели сообщества 2023–2024 гг. и 2024–2025 гг.

Фоновыми (25,1–100 % встречаемости) ежегодно стали 6 таксонов – *D. lacustris, A. salinus, C. vicinus, M. leuckarti, T. crassus*, Harpacticoida gen. sp.

При формировании количественных показателей в течение всего периода исследования доминировали веслоногие рачки, как по численности (44–95 %), так и по биомассе (63–95 %) (таблица 4).

Таблица 4

Количественное развитие зооопланктона в бухте Бертыс в период с 2023 по 2025 годы

Основная группа	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Численность, экз./м^3			
Коловратки	5387	371	238
Ветвистоусые	4540	14506	1249
Веслоногие	7806	42437	29833
Всего	17733	57314	31320
Биомасса мг/м^3			
Коловратки	4,466	0,183	0,707
Ветвистоусые	108,698	572,405	42,736
Веслоногие	189,299	986,679	789,917
Всего	302,463	1559,267	833,360

Наибольшее продуцирование зоопланктона отмечено в 2024 г., наименьшее – в 2023 г.

Надо отметить, что в числовом выражении роль коловраток идет на спад, тогда как по массе снижение их доли идет волнообразно. Подобные колебания количественных показателей прослеживаются у ветвистоусых и веслоногих рачков.

Наибольшее значение среди видов при создании количественных показателей имел диаптомус – 52–55 % по числу и 61–64 % по массе.

На основании показателей биомассы в 2023–2025 гг. уровень трофности бухты Бертыс менялся от α-олиготрофного типа очень низкого класса до α-мезотрофного типа умеренного класса [3].

Зообентос бухты Бертыс в период с 2023 г. по 2025 г. был представлен всего 13 таксонами беспозвоночных из 4 систематических групп: брюхоногие моллюски – 3, черви – 2, ракообразные – 3 и двукрылые – 5. Богатым видовым разнообразием отмечались двукрылые – 38,5 % (таблица 5).

Таблица 5

Таксономический состав и частота встречаемости (%) организмов макрозообентоса бухты Бертыс за 2023-2025 годы

Таксон	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Gastropoda – Брюхоногие моллюски			
Lymnaea ovata (Draparnaud)	-	6	6
Valvata depressa (C. Pfeiffer)	-	13	-
V. pulchella (O.F. Muller)	-	6	-
Итого: 3	-	3	1
Vermes – Черви			
Oligocheta gen.sp.	69	50	81
Nematodes sp.	-	6	13
Итого: 2	1	2	2
Crustacea – Ракообразные			
Palaemon superbus (Heller)	6	6	-
Paramysis lacustris (Czerniavsky)	13	-	13
Corophium curvispinum (G.O. Sars)	38	31	69
Итого: 3	3	2	2
Diptera – Двукрылые			
Procladius ferrugineus (Kieffer)	6	6	6
Cryptochironomus gr. defectus (Kieffer)	6	-	-
Harnischia fuscimanus (Kieffer)	13	6	13
Chironomus plumosus (Linnaeus)	-	6	38
Tabanus sp.	6	-	-
Итого: 5	4	3	3
Всего: 13	8	10	8

В разные годы общее число таксонов варьировало от 8 (2023 и 2025 г.) до 10 (2024 г.). Основу сообщества за период исследования составляли Oligocheta gen.sp., *C. curvispinum*, *P. ferrugineus, H. fuscimanus*. В период исследования с 2023 по 2025 годы сходство видового состава по индексу Сёренсена составил 0,67–0,75–0,89. Высокие показатели индекса подтверждают наличие устойчивого видового ядра и отсутствие значимых перестроек в структуре бентосного сообщества.

Общая численность организмов снижалась по годам от 377 экз./м^2 (2023 г.) до 284 экз./м^2 (2025 г.) до Наибольший вклад в создание численности вносили ракообразные и черви – в среднем 168 экз./м^2 и 106 экз./м^2. Численность моллюсков были нестабильной и в 2023 г. они отсутствовали в пробах (таблица 6).

Таблица 6

Количественное развитие зообентоса в бухте Бертыс в период с 2023 по 2025 годы

Группа	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Численность, экз./м^2			
Моллюски	-	83	5
Черви	102	133	84
Ракообразные	263	80	160
Двукрылые	12	23	35
Всего:	377	320	284
Биомасса, г/м^2			
Моллюски	-	0,9	0,05
Черви	0,1	0,1	0,2
Ракообразные	3,6	0,1	0,4
Двукрылые	0,04	0,03	0,2
Всего:	3,74	1,13	0,85

Биомасса также демонстрировала снижение от 3,74 г/м^2 (2023 г.) до 0,85 г/м^2 (2025 г.). Основной вклад в биомассу в 2023 и 2025 гг. вносили ракообразные – 96,3 % и 47,1 %. В 2024 г. биомассу формировали моллюски – 79,6 %.

Исходя из шкалы трофности Китаева [3] биопродуктивность бухты Бертыс озера Балкаш по зообентосу в период исследования варьировала от очень низкого класса α–олиготрофного типа (2024 г., 2025 г.) до умеренного класса α–мезотрофного типа (2023 г.).

Исходя из полученных результатов можно констатировать, что гидрохимический режим бухты Бертыс формируется под влиянием гидрологического режима озера Балхаш, процессов испарения и особенностей ионного состава вод. В целом

гидрохимическое состояние исследуемой акватории можно охарактеризовать как стабильное, без значительных признаков ухудшения качества воды.

С ростом прозрачности воды (с 46 до 221 см) наблюдалось увеличение видового разнообразия фитопланктона с 29 до 51 таксона. Снижение мутности обеспечило проникновение света в глубокие слои, расширив эвфотическую зону для интенсивного фотосинтеза. Некоторое повышение органического вещества из года в год (6,6; 7,8; 9,4 мгО/дм^3) благоприятно повлияло на увеличение численности (2,3 и 3,9 раза) и биомассы (2,4 и 1,6 раза). Несмотря на увеличение количественных показателей фитопланктона биопродуктивность оставалась на уровне низкого класса трофности.

Количество видов зоопланктона по годам распределено равномерно, однако 18 таксонов встречены единожды за период исследования. За три года при формировании количественных показателей доминировали веслоногие рачки, как по численности (44–95 %), так и по биомассе (63–95 %). Роль коловраток в числовом выражении за весь период идет на спад, тогда как по массе снижение их доли идет волнообразно. Подобные колебания количественных показателей прослеживаются у ветвистоусых и веслоногих рачков. Уровень продуктивности бухты Бертыс по зоопланктону за 2023–2025 гг. колебался от очень низкого до умеренного класса.

За трехлетний период изучения отмечено снижение, как численности, так и биомассы зообентоса. Это, может быть, связано с изменениями гидрологических условий среды, минерализации, а также антропогенной нагрузкой. Высокая численность олигохет указывает на определенную степень органического загрязнения, так как представители этой группы устойчивы к неблагоприятным условиям среды. Снижение доли моллюсков и нестабильность их присутствия могут свидетельствовать о колебаниях гидрохимических параметров воды. В то же время увеличение численности двукрылых (особенно Chironomus) является типичным для эвтрофных водоемов. По показателям биомассы зообентоса биопродуктивность бухты Бертыс за 2023–2025 гг. варьировала от очень низкого до умеренного класса.

References

1. Приказ Министра водных ресурсов и ирригации Республики Казахстан от 4 июня 2025 года № 111-НҚ «Об утверждении единой системы классификации качества воды в поверхностных водных объектах и (или) их частях» https://adilet.zan.kz/rus/docs/G25MA000111 (дата обращения 23.10.2025 г.).

2. Алекин О. А. Основы гидрохимии. – Л., 1970. – 444 с.

3. Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – С. 209–219.

4. Sorensen T. A method of establishing groups of equal amplitude in plant ecology // Biol. skr. – 1948. – 5 с.

5. Константинов А. С. Общая гидробиология. – М.: Высшая школа, 1986. – С. 286–348.

ECONOMIC SCIENCES

THE ROLE OF EMPLOYEE MOTIVATION IN IMPROVING ORGANIZATIONAL PERFORMANCE

Mustafazade T.
WSB University
Financial Management and Accounting
Science Expert
ORCID 0009-0004-1872-0812
DOI: 10.5281/zenodo.20665221

Abstract
This study investigates the role of employee motivation in improving organizational performance by analyzing how motivational factors influence productivity, job satisfaction, and employee commitment. A quantitative research approach was applied using survey data collected from employees in different sectors. The findings reveal that both financial and non-financial motivational factors significantly affect employee performance and organizational outcomes. The results further show that motivated employees demonstrate higher productivity, stronger organizational loyalty, and lower turnover intentions. Overall, the study confirms that effective motivation strategies are essential for achieving sustainable organizational success and competitive advantage.
Keywords: Employee motivation, organizational performance, productivity, job satisfaction, employee engagement.

1. INTRODUCTION

In today's highly competitive world where there is a lot of change in technology and market environment, organizations function under highly competitive pressures. In such an environment, human resource has turned out to be one of the major elements responsible for ensuring organizational success and competitive advantage. There are many factors that have a great impact on the productivity and behavioral aspects of employees; however, motivation has assumed significance in such an organizational environment. Employee motivation is very important for influencing employee job satisfaction, commitment to work, creativity, effectiveness, and organizational productivity. With organizations trying to find methods to improve productivity and meet their strategic goals, it has become essential to study the relationship between employee motivation and organizational performance.

Motivation of employees can be termed as those factors that motivate or stimulate employees to fulfill their responsibilities in a satisfactory manner. Employees with motivation will usually have a better commitment towards organizational objectives, will be productive, and will make positive contributions to organizational atmosphere. Lack of motivation among employees can lead to many negative factors including absenteeism, lack of productivity, employee attrition, and poor organizational performance.

The significance of motivation has been highlighted in various managerial and organizational theories. Both classical and modern motivational theories, including Maslow's hierarchy of needs, Herzberg's two-factor theory, McGregor's theory X and Y, and Vroom's expectancy theory, provide a theoretical framework for analyzing the motivating power of employees. These theories indicate that workers do not work only because of their financial gains but also because of other elements, such as recognition, career development, involvement in decision-making processes, and favorable conditions of work. Therefore, companies that take into account both intrinsic and extrinsic motivational aspects will be able to improve their organizational effectiveness.

Recently, there has been a growing trend toward the increased significance of the problem of motivating employees due to globalization, digitalization, and changing employees' needs. In particular, in the modern world, workers are interested in flexible working schedules, personal development opportunities, balance between professional life and private matters, among other things. Hence, conventional ways of motivating employees will become insufficient under these conditions, and companies will have to implement new approaches.

This paper attempts to analyze the importance of motivation of employees to boost up organizational performance by studying the correlation between motivation and employee productivity and efficiency. This paper will also attempt to find out some motivational techniques which may be useful for organizations to make their employees satisfied and improve their performance. Thus, this paper tries to make a significant contribution to organizational theory and practice through its examination of the role of motivation within an organization.

2. LITERATURE REWIEV

Motivation of employees has always been considered an important determinant for performance, productivity, and employee satisfaction within organizations. According to Maslow, human behavior is motivated by a hierarchy of needs starting with basic physiological needs up to the stage of self-actualization (Maslow, 1943). Organizational productivity increases when not only the economic but also the psychological needs of individuals are fulfilled.

Moreover, Frederick Herzberg proposed his Two-Factor Theory based on hygiene factors and motivational factors (Herzberg, 1959). Hygiene factors like salary and working conditions decrease dissatisfaction among employees, whereas motivational factors such as recognition, accomplishment, and promotion increase employee satisfaction.

Finally, Douglas McGregor also made important contributions to the theory through Theory X and Theory Y (McGregor, 1960). Theory Y proposes that employees are naturally self-responsible and can be self-directed in an environment created by organizations.

Moreover, the Expectancy Theory was presented by Victor Vroom, stressing that workers are more likely to be motivated when they perceive their efforts as productive in terms of receiving desirable results (Vroom, 1964). This theory stresses the need for implementing appropriate reward mechanisms and performance-based incentives within companies.

The current research proves that a well-motivated workforce demonstrates greater efficiency, increased dedication, and low turnover (Robbins & Judge, 2022). Contemporary organizations concentrate on both intrinsic motivation factors (such as achieving personal success and being recognized) and extrinsic ones (such as compensation packages). Flexible employment conditions, employee involvement in decision-making, and career growth are seen as critical motivators in contemporary businesses.

To sum up, there is evidence in the literature base confirming that successful employee motivation programs positively impact organizational performance and effectiveness.

3. METHODOLOGY

The current study explores the effect of employee motivation on organizational performance by adopting a quantitative research methodology. Data for the research have been gathered from the surveys conducted among employees of various industries such as finance, education, retail, and IT. For the purpose of analysis, a well-designed questionnaire has been developed to assess employee views about motivational factors and their effect on organizational performance. The questionnaire comprises both intrinsic and extrinsic motivational factors. Intrinsic factors include recognition and promotion while extrinsic include salary and bonus.

A total of 120 respondents have been randomly selected for the study and the findings are discussed in the subsequent sections through descriptive statistics such as percentages and comparisons.

Table 1.

Main factors motivating employees

Motivational Factor	Number of Respondents	Percentage (%)
Salary and Financial Rewards	38	31.7
Career Development Opportunities	29	24.2
Recognition and Appreciation	25	20.8
Flexible Working Conditions	18	15
Positive Work Environment	10	8.3

Source: Prepared by the author based on survey results.

As shown in Table 1, salary and monetary incentives appear to be the strongest motivational drivers in terms of impact, as they contribute 31.7% to the total response rate. The second most motivating factor for employees is career development, which makes up 24.2% of the total answer set. Appreciation is another significant motivating tool, as it makes up 20.8% of the answer set.

Table 2.

Impact of motivation on employee performance

Employee Opinion	Number of Respondents	Percentage (%)
Strong Positive Impact	56	46.7
Moderate Positive Impact	41	34.2
Limited Impact	15	12.5
No Impact	8	6.6

Source: Prepared by the author based on survey results.

According to the results obtained and tabulated in Table 2, it is clear that employee motivation is a critical factor in determining organizational performance. More than half of the employees (46.7%) claimed that motivation has a highly significant effect on their productivity and efficiency. Furthermore, 34.2% believed that motivation has a moderately significant effect on them. Very few of the employees thought that motivation does not have much of an effect on their productivity.

Table 3.

Organizational outcomes of employee motivation

Organizational Outcome	Percentage of Positive Responses (%)
Increased Productivity	82
Improved Job Satisfaction	78
Reduced Employee Turnover	65
Better Teamwork and Cooperation	71
Higher Organizational Commitment	74

Source: Prepared by the author based on survey results.

The table below shows the key advantages that can be observed at an organization due to employee motivation. As follows from Table 3, more than half of the respondents noted increased productivity (82%) as a result of motivation. In addition, improved job satisfaction (78%) and organizational commitment (74%) were considered significant outcomes.

Thus, the findings of the methodological part demonstrate that employee motivation is one of the key drivers of enhanced employee and organizational performance. The obtained statistics clearly suggest that balanced motivational approaches should take into account not only incentives but also organizational activities.

4. FINDINGS

Findings derived from the study show that employee motivation plays a crucial role in organizational productivity and employee satisfaction. Financial and non-financial motivating techniques were found effective in shaping employee behavior and improving organizational effectiveness. Below are the statistical conclusions shown through tables.

Table 4.

Employee satisfaction levels according to motivational practices

Motivational Practice	Satisfied Employees (%)	Dissatisfied Employees (%)
Financial Rewards	76	24
Recognition Programs	72	28
Career Development Opportunities	81	19
Flexible Working Conditions	69	31
Employee Participation in Decision-Making	74	26

Source: Prepared by the author based on survey results.

As shown in Table 4, it can be seen that career development provides the maximum level of satisfaction of the employees, which is 81%. Employees have high levels of satisfaction regarding financial gain and also participate in the decision-making process. The result implies that employees are equally concerned about their career advancement and also their involvement in organizational matters. However, flexible working conditions get low levels of employee satisfaction.

Table 5.

Relationship between motivation and productivity

Level of Motivation	Average Productivity Increase (%)
High Motivation	38
Moderate Motivation	21
Low Motivation	9

Source: Prepared by the author based on survey results.

It can be clearly noted from Table 5 that there is a significant positive correlation between the motivation and productivity of workers. Workers who had high motivation exhibited a productivity improvement rate of 38%, whereas those having low motivation exhibited an improvement rate of just 9%.

Table 6.

Main organizational benefits of employee motivation

Organizational Benefit	Percentage of Respondents (%)
Increased Work Efficiency	84
Improved Team Cooperation	73
Higher Employee Loyalty	77
Reduced Turnover Rate	68
Greater Innovation and Creativity	71

Source: Prepared by the author based on survey results.

These are captured by Table 6 which provides an outline of the main organizational benefits that arise from the effective motivation of employees. The main organizational benefit cited by the vast majority of those surveyed was improved productivity (84%). Increased employee loyalty and improved team work were other major considerations. In addition, employee motivation results in improved innovation and creativity.

From Table 7, it can be seen that salary increments and bonuses are still the most favored type of motivator among workers, with a response rate of 33%. Promotion prospects come in second place as an evidence of the keenness of workers towards career development. Recognition and professional training were regarded as motivational strategies. This suggests that employers should provide a combination of monetary and non-monetary motivators in order to enhance worker motivation.

Table 7.

Employees' preferred motivation methods

Motivation Method	Percentage of Preference (%)
Salary Increase and Bonuses	33
Promotion Opportunities	26
Recognition and Appreciation	18
Training and Development Programs	15
Flexible Work Schedule	8

Source: Prepared by the author based on survey results.

In general, these findings support the fact that worker motivation is highly related to better performance within organizations, increased worker dedication, and sustained organizational development.

5. CONCLUSION

Motivation was considered as an approach for increasing productivity and organizational efficiency, which led to finding out that motivation plays an essential role in improving productivity, increasing satisfaction levels, creating commitment and boosting business performance.

Financial rewards, such as salaries and bonuses, were recognized as significant motivational approaches for motivating staff. It was found out that non-material incentives also had a great impact on employees' behavior. Recognition, opportunity for professional growth, supportive leadership style, flexibility of work were among those factors that affected staff motivation. People who worked in a supportive atmosphere showed higher productivity, commitment, and willingness to contribute into organizational performance.

Statistical evidence proved that motivation played an essential role in improving efficiency, reducing turnover, encouraging teamwork, promoting innovations and supporting sustainability. All these elements increased competitiveness of an organization and ensured its success in modern business environments. Moreover, the importance of participative management and proper reward system was discussed in the context of fostering positive organizational culture.

From the findings of the research, it is clear that employee motivation should always be seen as a strategic objective by any organization. It is important for managers to ensure that they use motivational strategies that balance between rewarding employees financially as well as giving them the chance to grow both personally and professionally. This strategy could go a long way towards making organizations successful.

In conclusion, the above research shows us how important motivated workers are when it comes to sustainability and competitiveness of any organization. Further research into motivational strategies could consider motivational differences in various industries and changing workplace environments.

References

1. Adams, J. S. (1965). Inequity in social exchange. *Advances in Experimental Social Psychology, 2*, 267–299. pp. 267–299.

2. Alderfer, C. P. (1972). *Existence, relatedness, and growth: Human needs in organizational settings*. Free Press. 224 p.

3. Armstrong, M. (2020). *Armstrong's handbook of human resource management practice* (15th ed.). Kogan Page. 824 p.

4. Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Plenum Press. 372 p.

5. Drucker, P. F. (2007). *The practice of management*. Harper Business. 416 p.

6. George, J. M., & Jones, G. R. (2019). *Understanding and managing organizational behavior* (7th ed.). Pearson. 672 p.

7. Grant, A. M. (2008). The significance of task significance: Job performance effects. *Journal of Applied Psychology, 93*(1), 108–124. pp. 108–124.

8. Herzberg, F. (1959). *The motivation to work* (2nd ed.). John Wiley & Sons. 157 p.

9. Judge, T. A., & Robbins, S. P. (2022). *Organizational behavior* (19th ed.). Pearson. 752 p.

10. Khan, M. I., & Rasheed, A. (2021). Employee motivation and organizational productivity. *International Journal of Business Management, 14*(3), 45–57. pp. 45–57.

11. Locke, E. A. (1968). Toward a theory of task motivation and incentives. *Organizational Behavior and Human Performance, 3*(2), 157–189. pp. 157–189.

12. Luthans, F. (2011). *Organizational behavior: An evidence-based approach* (12th ed.). McGraw-Hill. 640 p.

13. Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review, 50*(4), 370–396. pp. 370–396.

14. McClelland, D. C. (1961). *The achieving society*. Princeton University Press. 512 p.

15. McGregor, D. (1960). *The human side of enterprise*. McGraw-Hill. 256 p.

16. Meyer, J. P., & Allen, N. J. (1997). *Commitment in the workplace: Theory, research, and application*. Sage Publications. 168 p.

17. Miner, J. B. (2015). *Organizational behavior 1: Essential theories of motivation and leadership*. Routledge. 408 p.

18. Mullins, L. J. (2016). *Management and organizational behavior* (11th ed.). Pearson Education. 792 p.

19. Noe, R. A., Hollenbeck, J. R., Gerhart, B., & Wright, P. M. (2021). *Human resource management: Gaining a competitive advantage* (12th ed.). McGraw-Hill. 768 p.

20. Robbins, S. P., & Coulter, M. (2021). *Management* (15th ed.). Pearson. 720 p.

21. Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective. *Contemporary Educational Psychology, 61*, 101860. pp. 1–11.

22. Saks, A. M. (2006). Antecedents and consequences of employee engagement. *Journal of Managerial Psychology, 21*(7), 600–619. pp. 600–619.

23. Vroom, V. H. (1964). *Work and motivation*. Wiley. 331 p.

24. Yerkes, R. M., & Dodson, J. D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology, 18*(5), 459–482. pp. 459–482.

25. Yukl, G. (2020). *Leadership in organizations* (9th ed.). Pearson. 608 p.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE ADOPTION, QUALITY MANAGEMENT, AND SUSTAINABLE BUSINESS PERFORMANCE: A STUDY ON SMEs

Rzayev A.
WSB University
Financial Management and Accounting
Science Expert
ORCID 0009-0001-6434-2662
DOI: 10.5281/zenodo.20665242

Abstract

The paper investigates the impact of Artificial Intelligence (AI) on quality management and sustainable business performance in SMEs. The purpose of the study is to assess the effects of AI adoption on quality management and sustainable performance in organizations. To accomplish the purpose of the research, a quantitative methodological approach was used based on surveying SMEs' managers and employees from various industries. The results obtained in the study show that AI positively impacts efficiency, customer satisfaction, and decision-making processes. Moreover, the results confirm the role of quality management in mediating the influence of AI on sustainable business performance. Companies utilizing AI tools for managing quality achieve better economic, operational, and sustainability performance compared to others. Thus, the study enriches the existing body of knowledge with information about the interdependence of AI, quality management, and sustainable performance in SMEs. These results can be helpful for both managers and policymakers interested in promoting digital transformation and sustainable development.

Keywords: Artificial Intelligence, Quality Management, Sustainable Business Performance, SMEs, Digital Transformation.

1. INTRODUCTION

The modern business landscape is characterized by tremendous growth in digital technology. These technological advancements have had a major impact on the organization structure, business operations, and competitive strategy. Among these technologies, artificial intelligence stands out as one of the most impactful technologies that affect business success. AI technologies such as machine learning, predictive analysis, automation systems, and decision-making tools offer organizations the chance to increase efficiency, minimize costs, and make better decisions (Brynjolfsson & McAfee, 2017). For small and medium sized enterprises (SMEs), adopting artificial intelligence has been a necessity in order to stay competitive in today's fast-paced and global market.

The significance of SMEs is seen in terms of their substantial contribution to the global economy in terms of employment creation, innovations, and development (OECD, 2021). Yet despite being economically significant, SMEs have to deal with a lot of problems including shortage of funds, lack of adequate technology, absence of human resources, and stiff competition in the marketplace. In this connection, the use of AI technology can provide SMEs with the means of overcoming the deficiencies and enhancing organizational performance through automation, customer analysis, quality improvement, and management systems based on data analytics (Dwivedi et al., 2021).

On the other hand, quality management continues to be a key factor that impacts organizational success and sustainability. Quality management entails practices adopted by organizations to enhance their products, services, processes, and customers' experience (ISO, 2015). Adopting proper quality management practices will allow organizations to minimize errors, increase efficiency, promote loyalty among consumers, and sustain organizational goals. The connection between technology innovation and quality management has gained more significance in the current digital transformation age where AI-based systems allow organizations to monitor processes, perform predictive maintenance, optimize processes, and continuously improve (Zhang et al., 2020).

However, quality management is still another vital element affecting organizational success and sustainable business performance. Quality management implies systematic approaches to ensuring better quality of products, services, operational processes, and customer satisfaction (ISO, 2015). The adoption of quality management principles helps organizations minimize mistakes, increase productivity, build stronger relationships with customers, and attain sustainability objectives. The link between technological innovations and quality management has become especially important during the era of digital transformation, which involves the use of AI-powered systems to monitor processes, maintain equipment, optimize operations, and engage in continuous improvement efforts (Zhang et al., 2020). Sustainable business performance has also emerged as an important strategic objective for modern organizations because of growing pressures related to the environment, society, and economy. Businesses need to be not only profitable but also responsible towards the environment and sustainable in their actions (Elkington, 1998). AI can contribute to sustainability objectives through efficient resource utilization, waste reduction, energy savings, and supply chain transparency (Bag et al., 2021).

While there are previous studies that have explored the adoption of AI technologies, quality management practices, and business performance separately, there has been little empirical literature on the interdependence between the three variables in relation to SMEs. Most existing studies tend to concentrate on large organizations from developed economies, where SMEs might be different from both organizational and technological perspectives (Ramdani et al., 2013). As

such, there is a need for research into the ways in which AI adoption affects the quality management practices and business performance in SMEs.

The current research seeks to explore the relationship between the adoption of Artificial Intelligence technologies, quality management practices, and sustainable business performance in SMEs. In particular, the paper will examine how the implementation of AI technology can enhance quality management practices in SMEs and help improve the economic, environmental, and operational sustainability of such businesses. This study is intended to provide valuable theoretical and practical insights into the issues of digital transformation and sustainable business development.

In summary, the rising importance of AI technology and sustainable management practices calls for an understanding of how these two factors affect small and medium enterprises. In light of the highly competitive and ever-changing environment in which businesses operate, the successful implementation of AI and quality management can be vital for sustainable success.

2. LITERATURE REVIEW

The importance of artificial intelligence (AI) cannot be understated as far as business management and organizational development are concerned. The research has shown that AI helps organizations streamline their operations, make strategic decisions, and compete effectively using automation and advanced data analytics (Brynjolfsson & McAfee, 2017). From the perspective of SMEs, AI implementation is especially helpful due to the need for innovation and resourcefulness.

It should be noted that many researchers have pointed out the importance of AI adoption when it comes to quality management. Specifically, AI allows organizations to track their operations, anticipate possible failures, and ensure product and service quality using data analysis (Zhang et al., 2020). Additionally, AI supports efforts related to continuous improvement through the minimization of human errors and standardization of processes. AI adoption is associated with better customer satisfaction and performance.

The notion of sustainable business performance has also attracted considerable academic interest in recent years. Sustainable business performance involves the capacity of an organization to attain economic success while remaining environmentally and socially responsible (Elkington, 1998). Literature reveals that technological innovations such as AI could facilitate sustainability goals through efficient utilization of resources, minimized wastage, and enhanced energy efficiency (Bag et al., 2021). Furthermore, sustainable quality management could enhance the resilience and competitiveness of organizations.

Although much scholarly work has been done on the association between AI and sustainability, very few scholars have considered the joint effect of AI implementation, quality management, and sustainable business performance in SMEs. Previous studies in this field have mostly focused on large corporations and developed countries, thus creating an interesting research gap concerning SMEs within developing nations. This research is therefore aimed at contributing to existing literature on the impact of AI-enabled quality management practices on sustainable business performance among SMEs.

3. METHODOLOGY

The current study seeks to analyze the association between AI usage, quality management practices, and sustainable business performance in SMEs. In this regard, the study adopts a quantitative research design using the survey method. The data for this study were gathered from managers and employees working in different sectors such as manufacturing, retail, and services industries in SMEs.

In this research, there are three major variables that are discussed. These include AI usage as an independent variable, quality management as a mediating variable, and sustainable business performance as a dependent variable. In terms of data gathering tools, a structured questionnaire utilizing the five-point Likert scale was used. This questionnaire was developed based on previous literature on AI implementation, quality management practices, and sustainable business performance measures.

Table 1.

Research Variables and Measurement Indicators

Variables	Indicators	Source Basis
AI Adoption	Automation, data analytics, predictive systems, decision support	Dwivedi et al. (2021)
Quality Management	Continuous improvement, customer satisfaction, process efficiency	ISO (2015)
Sustainable Business Performance	Economic, environmental, and operational sustainability	Elkington (1998)

Source: Compiled by the author.

The variables and measurement indicators for the research are shown in Table 1 below. The technological perspective of AI adoption involves technology-related factors such as automation and prediction. The quality management aspect includes process improvement and customer satisfaction measures, whereas sustainable business performance encompasses economic and environmental indicators. This shows that the research takes into consideration various aspects such as technological, managerial, and sustainability factors.

In total, 150 questionnaires were sent out to SMEs, with 120 responses collected. The survey participants comprised of SME owners, managers, and supervisors who have knowledge regarding technology adoption within their organization and quality management practices.

Table 2.

Demographic ccharacteristics of respondents

Demographic Category	Frequency	Percentage (%)
Male	72	60%
Female	48	40%
Manufacturing Sector	45	37.50%
Service Sector	50	41.70%
Retail Sector	25	20.80%
SMEs operating over 5 years	78	65%

Source: Compiled by the author.

Demographic characteristics of the respondents involved in the study are shown in Table 2. More than half of the respondents (60%) were males. As for the industrial distribution of the respondents, the respondents from the service industry accounted for the majority, while those from the manufacturing industry were the second-largest group. The majority of SMEs involved in the study were those with more than five years' experience, which implies that the respondents had enough organizational experience to assess AI adoption and quality management practices.

Data were analyzed through descriptive statistics and correlation analysis. Statistical analysis was performed to determine the relationship between AI adoption, quality management practices, and sustainable business performance.

Table 3.

Research hypotheses and analytical methods

Hypotheses	Analytical Technique
AI adoption positively influences quality management	Correlation Analysis
Quality management positively affects sustainable business performance	Regression Analysis
AI adoption indirectly contributes to sustainability through quality management	Mediation Analysis

Source: Compiled by the author.

The hypotheses tested and the statistical tools utilized during the research process are summarized in Table 3. The correlation technique was used to identify the link between AI adoption and quality management. Regression analysis was conducted to evaluate the impact of quality management on the sustainable performance of businesses. Moreover, mediation analysis was conducted to find out whether quality management is an intermediary variable in the relationship between AI adoption and sustainability. These tools improve the credibility of the research results.

It can be seen from the methodology section that the research adopts a systematic quantitative approach to explore the relationship between AI technologies, quality management, and sustainable business performance among SMEs.

4. FINDINGS

According to the results of the study, it is evident that there is a statistically significant positive effect of Artificial Intelligence (AI) implementation on quality management and sustainable performance of small and medium-sized enterprises (SMEs). The results show that SMEs utilizing AI solutions witness improvements in operational efficiency and sustainability.

Table 4 provides correlation coefficients for the key research variables. The results show that there is a strong positive correlation between the use of AI technology and quality management ($r = 0.71$). Likewise, there is a strong positive correlation between quality management and sustainable business performance ($r = 0.75$). There is also a positive correlation between the use of AI technology and sustainable business performance ($r = 0.68$).

Table 4.

Correlation analysis results

Variables	AI Adoption	Quality Management	Sustainable Business Performance
AI Adoption	1	0.71	0.68
Quality Management	0.71	1	0.75
Sustainable Business Performance	0.68	0.75	1

Source: Compiled by the author.

Moreover, the regression analysis helps prove the research hypotheses by revealing the direct effect of the use of AI technology and quality management on sustainable business performance.

Table 5.

Regression analysis results

Independent Variable	Beta Coefficient	t-value	Significance (p-value)
AI Adoption	0.42	5.81	0
Quality Management	0.51	6.37	0

Source: Compiled by the author.

The results of regression analysis are presented in Table 5. The application of AI positively impacts the performance of businesses sustainably, with a beta coefficient of 0.42. In turn, the impact of quality management is even higher, with a beta coefficient of 0.51. Both of the variables are statistically significant at $p < 0.001$, meaning that the introduction of more efficient quality management and AI practices leads to increased sustainability of organizational performance. Therefore, it can be concluded that quality management is essential for converting technological capabilities into sustainability.

Furthermore, there were other benefits of using AI identified by the participants of the survey.

Table 6.

Perceived benefits of AI adoption in SMEs

Benefits	Percentage of Respondents (%)
Improved operational efficiency	82%
Better decision-making processes	76%
Increased customer satisfaction	71%
Reduction in operational costs	68%
Enhanced sustainability practices	64%

Source: Compiled by the author.

As can be seen in Table 6 below, most of the respondents consider the adoption of AI as very helpful in terms of organizational development. In this regard, the improvement in operational efficiency was identified as the most important benefit, followed by better decision-making capabilities. A substantial number of respondents also considered AI helpful in enhancing customer satisfaction and reducing costs. Moreover, 64% of the respondents agreed that the adoption of AI helps to promote sustainability, suggesting that technology plays an important role in sustainable business operations.

These findings clearly indicate that AI adoption and quality management are strongly associated with each other, and both of them play a key role in ensuring sustainable business operations in SMEs.

5. CONCLUSION

This study analyzes the impact of Artificial Intelligence (AI) usage on quality management and sustainable performance of small and medium-sized enterprises (SMEs). As the results show, AI technologies play an important role in contributing to organizational processes, quality management, and sustainable performance. It is concluded that small and medium-sized businesses applying AI technologies can achieve higher efficiency, better decision-making abilities, lower operational costs, and greater customer satisfaction.

Furthermore, this study proves that quality management mediates the effect of AI on sustainable business performance. SMEs that apply AI technologies in the sphere of quality management are able to achieve sustainable economic and operational results. Particularly, it can be stated that continuous improvement, process optimization, and customer-oriented management are more effective with the use of AI technologies.

In addition, the results show that the use of AI is not only a technological change but a strategic management technique, which helps enhance organizational competitiveness and sustainability. As the business environment becomes more dynamic and technology-oriented, SMEs need to adjust to digital technologies in order to ensure their sustainable development and growth. The use of AI along with quality management could help SMEs secure a sustainable competitive advantage.

At the same time, the study has some limitations. First of all, the research was based on a relatively narrow sample of SMEs. In addition, the researchers used only quantitative techniques to conduct the study. Thus, future research could focus on increasing the sample size or applying a different methodology, including qualitative analysis.

The current study makes a valuable contribution to the field of study as it proves the interdependence between AI adoption and quality management in enhancing sustainable organizational performance. The findings of the paper could be used as guidelines for business managers, policymakers, and other stakeholders interested in fostering digital transformation and sustainable organizational development.

References

1. Agostini, L., & Nosella, A. (2021). The adoption of Industry 4.0 technologies in SMEs: Results of an international study. *Management Decision, 59*(3), 625–643.

2. Almulhim, A. F. (2020). Linking knowledge sharing to innovative work behaviour: The role of psychological empowerment. *Journal of Asian Finance, Economics and Business, 7*(9), 549–560.

3. Bag, S., Pretorius, J. H. C., Gupta, S., & Dwivedi, Y. K. (2021). Role of institutional pressures and resources in the adoption of big data analytics powered artificial intelligence, sustainable manufacturing practices and circular economy capabilities. *Technological Forecasting and Social Change, 163*, 120420.

4. Benitez, J., Ayala, N., & Frank, A. (2020). Industry 4.0 innovation ecosystems: An evolutionary perspective on value cocreation. *International Journal of Production Economics, 228*, 107735.

5. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2017). *The business of artificial intelligence*. Harvard Business Review Press.

6. Chatterjee, S., Rana, N. P., Tamilmani, K., & Sharma, A. (2021). The effect of AI-based CRM on organization performance and competitive advantage. *Journal of Business Research, 129*, 1–13.

7. Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard Business Review, 96*(1), 108–116.

8. Deming, W. E. (1986). *Out of the crisis*. MIT Press.

9. Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Ismagilova, E., Aarts, G., Coombs, C., Crick, T., … Williams, M. D. (2021). Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management, 57*, 101994.

10. Elkington, J. (1998). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. New Society Publishers.

11. Flynn, B. B., Schroeder, R. G., & Sakakibara, S. (1995). The impact of quality management practices on performance and competitive advantage. *Decision Sciences, 26*(5), 659–691.

12. Garvin, D. A. (1988). *Managing quality: The strategic and competitive edge*. Free Press.

13. Gupta, S., Modgil, S., Bhushan, B., & Luo, Z. (2020). Artificial intelligence and information system resilience to cope with supply chain disruption. *International Journal of Production Research, 59*(1), 232–245.

14. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage Learning.

15. ISO. (2015). *ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements*. International Organization for Standardization.

16. Jabbour, C. J. C., Jabbour, A. B. L. S., Sarkis, J., & Godinho Filho, M. (2019). Unlocking the circular economy through new business models based on large-scale data. *Journal of Cleaner Production, 214*, 112–122.

17. Kaplan, A., & Haenlein, M. (2020). Rulers of the world, unite! The challenges and opportunities of artificial intelligence. *Business Horizons, 63*(1), 37–50.

18. Kumar, V., Nim, N., & Agarwal, A. (2021). Platform-based mobile payments adoption in emerging and developed countries. *Journal of Business Research, 123*, 25–37.

19. Lee, J., Davari, H., Singh, J., & Pandhare, V. (2018). Industrial artificial intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters, 18*, 20–23.

20. Oakland, J. S. (2014). *Total quality management and operational excellence* (4th ed.). Routledge.

21. OECD. (2021). *The digital transformation of SMEs*. OECD Publishing.

22. Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2015). How smart, connected products are transforming companies. *Harvard Business Review, 93*(10), 96–114.

23. Prajogo, D. I., & Sohal, A. S. (2006). The relationship between organization strategy, total quality management, and organization performance. *European Journal of Operational Research, 168*(1), 35–50.

24. Ramdani, B., Chevers, D., & Williams, D. A. (2013). SMEs' adoption of enterprise applications. *Journal of Small Business and Enterprise Development, 20*(4), 735–753.

25. Rust, R. T., & Huang, M. H. (2021). The service revolution and the transformation of marketing science. *Marketing Science, 40*(1), 17–41.

26. Sahoo, S. (2019). Quality management, innovation capability and firm performance. *International Journal of Productivity and Performance Management, 68*(7), 1301–1318.

REVIEW OF HEALTHCARE FINANCING SYSTEMS IN DEVELOPED COUNTRIES WITH THE PURPOSE OF DEVELOPING CURRENT SYSTEM IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Zabirova E.
DBA Doctoral Student
Almaty Management University, Almaty, Kazakhstan
Nogayev N.
MBA
Almaty Management University, Almaty, Kazakhstan
DOI: 10.5281/zenodo.20665255

Abstract

Reducing wasteful spending has become a key topic in the healthcare financing debate. A special OECD report was devoted to this issue, demonstrating that wasteful spending can be found at all levels of the healthcare system. Specifically, it notes the need to combat largely preventable medical errors, the inappropriate use of antimicrobials, and unjustified changes in medical practice. For example, expanding the use of paramedics in certain areas could lead to cost savings without negatively impacting the quality of care. Main development directions are observed in this article which are possible to be implemented in Kazakhstani healthcare financial system in order to improve current healthcare system in general.

Keywords: Healthcare management, financial system of healthcare, healthcare in Kazakhstan, financing of healthcare, foreign experience.

Changes in market entry and prescribing regulations facilitate the increased use of generics, thereby saving on pharmaceutical costs. Health technology assessments (HTAs) will help avoid the introduction of cost-ineffective new technologies, and existing cost-ineffective measures will be eliminated. Digitalization can support new methods of delivering healthcare, particularly in the form of telemedicine (which has rapidly expanded in many countries due to the pandemic) and robotic tools for certain limited procedures. Furthermore, organizational changes in intensive care resource management and the increased use of simulations developed during the pandemic are leading to more efficient use of limited hospital resources.

It appears that the greatest interest lies in finding new sources of funding within existing systems, which is largely linked to increased private financing. Most notably, the development of supplementary private health insurance, whereby "the state encourages citizens to take their own actions and pay for medical services in order to ease pressure on the public system and increase overall national healthcare spending."

In developed countries, private health insurance programs vary, but are generally supplementary to public ones and voluntary. They currently account for approximately 10% of healthcare spending on average in OECD countries, although there is considerable variation across countries. Private health insurance accounts for a third of all healthcare spending in the United States, approximately 60% in the Netherlands, and almost half in Switzerland. In approximately half of OECD countries, it accounts for 5% of expenditures or less, while in the Czech Republic, Estonia, and Sweden, it is practically nonexistent [1].

Private health insurance in developed countries mostly plays a secondary role, providing coverage for services not included in public programs or where co-payments are required, or duplicating coverage of public services to provide faster access or increased choice of doctor or health care provider.

Incentives primarily include tax breaks for those who pay contributions. However, global experience shows that, despite its apparent simplicity, this solution has a number of limitations. Using public funds to pay for tax breaks diverts resources from the public healthcare system, resulting in the need to either raise taxes or reduce spending elsewhere to compensate for the lost revenue. Therefore, the need to finance tax breaks will likely increase public spending. Administrative costs are higher with private health insurance, as a complex organizational system is required to assess risk, determine premiums, develop plans, etc.

Private health insurance shifts the burden of payment from the healthy, young, and wealthy to the poor, old, and sick, as costs increase with age. Therefore, in practice, insurance is too expensive for people over a certain age and with certain chronic conditions. It benefits those who can afford it, i.e., the wealthier citizens. Tax incentives in this case are inherently regressive, offering public subsidies to the wealthier and are meaningless for the poor. The data showed that healthcare financing systems built primarily on private health insurance, such as in the United States and Switzerland, were the most regressive compared to tax-based systems. Countries with tax-based financing had the least regressive healthcare financing systems [2].

Among the possible mechanisms for financing healthcare, it is worth noting the so-called co-payments when the patient, even if covered by insurance or tax programs, directly pays part of the costs, usually at the time of receiving the service.

Although one of the reasons for introducing co-payments was to increase revenue, it is not entirely clear whether they are intended to offset rising healthcare costs or represent an additional source of revenue to public funds for healthcare financing. However, the impact of co-payments on the use of health services is important, with the aim of preventing overuse. Therefore, they can also be considered as a means of rationing services. It should be noted that sufficiently high co-payments do reduce service utilization. However, according to the WHO, the introduction of co-payments leads to rationing of the use of specific ser-

vices but does not ensure rationalization of overall consumer demand. Concerns have arisen about their negative impact on the well-being of patients and healthcare institutions, as co-payments can impair access to health services. Lower utilization and delayed seeking medical care can ultimately increase demand for more expensive care and lead to increased costs in the long term. These effects can be mitigated by establishing exceptions to co-payments, particularly for low-income groups, but this can create inequality for those above the threshold and generally reduce their impact on both behavior and spending. It should be noted that collecting co-payments requires certain administrative costs. In 1992, New Zealand introduced hospital bed charges, but difficulties in collecting payments from patients led to their abolition less than a year later. In France, residents purchase supplementary insurance to cover various co-payments, negating the very idea of introducing them [3].

A mechanism is possible under which patients would be given the option to pay a portion of the total cost of treatment or individual medical services that exceed the thresholds for state-funded expenses. This solution takes into account the limited state resources while simultaneously making certain medical care options available to patients that would otherwise be unavailable.

Recently, researchers have increasingly focused on the behavioral consequences of introducing copayments, such as reduced prescription drug use and physician visits. Empirical evidence on whether the overall use of services subject to copayments is reduced or replaced by free services is highly inconclusive. However, the distributional consequences of copayments are noted: low-income individuals tend to reduce their use of services relatively more than the rest of the population when copayments are in place. Copayments influence medication initiation and continuation, and the higher the copayment, the lower the treatment adherence. Therefore, the broader impact of copayments as a cost-sharing mechanism on treatment adherence, clinical outcomes, resource utilization, and overall costs must be considered [4].

Taxes on the consumption of unhealthy products, or public health taxes, are excise taxes levied on goods that may harm public health. These include tobacco products, alcohol, sugar-added beverages such as soft drinks, tea, flavored coffee, juices, and sports drinks. The harmful effects of these products on health are well-studied and supported by research. These taxes are aimed at reducing their consumption, generating additional revenue for the healthcare system, and improving public health [3].

After introducing a tax on the consumption of unhealthy products or modeling their potential impact, almost all studies found a decrease in the consumption of potentially harmful products. Revenues increased in almost all countries, suggesting additional scope for tax increases. Calculations showed improvements in population health, revealing a correlation between increased taxes on unhealthy products and a reduction in the prevalence of diabetes, stroke, heart attacks, and related deaths [5].

While there are differences in the extent of implementation and outcomes between low- and middle-income and high-income countries, the data show that the introduction of such taxes can have a significant impact on consumption patterns and well-being, while ensuring fiscal sustainability. From an economic perspective, excise taxes are a form of indirect taxation, as they are levied on goods or services rather than on individuals or businesses. Taxes on the consumption of unhealthy products can be applied in two different ways: per unit (defined as a fixed amount for each unit of a good or service sold, for example, in dollars per kilogram) or ad valorem (levied on expenditures and set as a percentage of value added). In the former case, the tax is a fixed amount, while in the latter case, it is a fixed percentage per unit of the product [6].

These taxes represent one way to raise revenue; their use allows countries to channel financial resources into public spending without putting pressure on other expenditure items or disrupting fiscal balance. Two products stand out in this regard: alcohol and tobacco.

Increased government revenues were the driving force behind the introduction of taxes on alcohol and tobacco consumption. For example, high tobacco consumption and the relatively low elasticity of demand for tobacco products (i.e., the disproportionate response of tobacco consumption to a moderate price increase), along with the small number of producers, made these products particularly attractive targets for taxation. However, emerging evidence of the negative health consequences of tobacco and alcohol consumption has transformed tobacco and alcohol taxation into a tool for reducing their consumption. Tobacco taxation is highly cost-effective, combining the potential for a significant impact on tobacco consumption with low implementation costs. The WHO also recommends increasing taxes on alcoholic beverages as one of the most cost-effective ways to reduce alcohol consumption to combat alcohol-related diseases, including cardiovascular disease, cancer, and other noncommunicable diseases [7].

At the same time, emerging problems should be noted, which can be grouped into several areas. First, the products in question are important areas of production, creating jobs in the economy while simultaneously generating tax revenue. Representatives of the relevant industries argue that high excise taxes increase illicit trade, push consumers to seek cheaper alternatives, and harm legitimate businesses, leading to job losses and slowing the economy; they can damage a country's business performance rating and are discriminatory. Therefore, public health measures to reduce the consumption of unhealthy products must be balanced with other goals—such as preserving traditional industries, protecting competition and consumer choice, and securing government revenue.

Excise taxes on tobacco and alcohol products account for a very small share of tax revenues – 1.85% in Germany, 2.55% in Finland, 2.6% in Japan, and 3.4% in Hungary. Moreover, declining consumption leads, in turn, to a decline in tax revenues. In this context, it is important that the funds raised are used specifically for healthcare needs, to finance further efforts to improve public health, rather than being siphoned off into a general fund [8].

To achieve this, a targeted funding mechanism is used, which involves taking all or a portion of the total tax revenue and using it to cover specific expenditures. In practice, targeted funding provides expenditure visibility by creating a link between the source of funds and what they are spent on, implying that, all other things being equal, the targeted funds will be sufficient to meet the expenditure needs. Targeted funding can determine what portion of the revenue source should be allocated to the health sector or a targeted program or establish the proportion of funds to be spent on a specific purpose.In 2017, at least 54 countries used targeted funding for health through taxes on the consumption of unhealthy products. About 38 countries allocate some or all of their tobacco taxes to specific health programs [7].

Increasing health spending in developed countries has contributed to significant progress in public health, particularly in increasing life expectancy. Currently, the demand for healthcare services remains unabated, driven primarily by demographic and technological factors. To support existing healthcare systems and ensure their development under severe budget constraints, new sources of funding must be identified. In this context, the following conclusions are important. For the successful implementation of any healthcare financing strategy, coordination between the two key government functions, healthcare and finance and ensuring interaction between the ministries and agencies representing them are crucial.

References

1. Khan, A. A. (2024). The Intersection of Finance and Healthcare: Financing Healthcare Delivery Systems. *Journal of Education and Finance Review, 1*(1), 22-34. https://doi.org/10.62843/jefr/2022.1715003

2. World Health Organization. (2021). Global Health Expenditure Database. https://apps.who.int/nha/database/Select/Indicators/en

3. Isik, M., & Isik, F. (2015). Analyzing financial structure of Turkish healthcare system in comparison with U.S., German, British, French and Cuban Healthcare Systems. *Pressacademia*, *2*(4), 501–501. https://doi.org/10.17261/pressacademia.2015414364

4. *Färdow J., Broström L., Johansson M.* (2019). Co-payment for Unfunded Additional Care in Pub-licly Funded Healthcare Systems: Ethical Issues // J Bioeth Inq.;16(4):515–524.

5. *Fusco N., Sils B., Graff J. S., Kistler K., Ruiz K.* (2023). Cost-sharing and adherence, clinical outcomes, health care utilization, and costs: A systematic literature review // J Manag Care Spec Pharm, volume 29, issue 1, P. 4–16.

6. *Kiil A., Houlberg K.* (2014). How does copayment for health care services affect demand, health and redistribution? A systematic review of the empirical evidence from 1990 to 2011. // Eur J Health Econ 15, 813–828.

7. *Miracolo A, Sophiea M., Mackenzie Mills M., Kanavos P.* (2021) Sin taxes and their effect on consumption, revenue generation and health improvement: a systematic literature review in Latin America // Health Policy and Planning, Volume 36, Issue 5, P. 790–810.

8. *Ozer Ceren, Bloom D., Martinez Valle A., Banzon E., Mandeville K., Paul J., Blecher E., Parkes S., Chhabra S.* (2020. Health earmarks and health taxes: what do we know? // HNP GP Knowledge Brief, World Bank. 7 p.

ASPECTS OF DIGITAL LITERACY OF EMPLOYEES IN MATTERS OF DIGITALIZATION OF PHARMACIES

Zhumanova G.
MBA, DBA Doctoral Student
Almaty Management University, Almaty, Kazakhstan
DOI: 10.5281/zenodo.20665268

Abstract
In modern world, where technologies play significant role in different spheres the status of healthcare professionals—medical and pharmaceutical workers—is growing due to advances in medicine and pharmacy, driven by the introduction of personalized, innovative drugs into medical practice. One of the stages of drug circulation is clinical trials, which evaluate the effectiveness and safety of interventions, including the use of drugs. This article examines the digital literacy of healthcare and pharmaceutical professionals as a key factor in the successful implementation of automation in pharmacies and other medical institutions.
Keywords: Healthcare management, pharmacy management, hospital pharmacy, digitalization of pharmacy, pharmacy optimization.

Clinical trials are conducted in medical organizations authorized to conduct them. To conduct high-quality trials in accordance with good clinical practice (GCP), medical organizations must have the necessary resources (facilities, equipment) and enough qualified medical and pharmaceutical personnel. Professional interactions between specialists are built on ethical principles as a doctrine regarding the moral value of the actions of medical and pharmaceutical workers at all levels of the healthcare system and their behavior within their field of work. Pharmaceutical ethics has much in common with medical ethics, but there are also significant differences: a pharmacist does not conduct medical examinations or prescribe medications.

The International Pharmaceutical Federation (FIP) proclaims the principle of pharmacists' collaboration with colleagues and other specialists, respecting their value systems and professional abilities. The "Ethical Code of the Russian Pharmacist" also emphasizes that "pharmacists are physicians' collaborators in administering pharmacotherapy and are also obligated to provide consultations within the limits of their competence on all properties of medicinal products, their chemical and pharmacological analogues" [1].

In the context of digitalization of healthcare, collaboration between medical and pharmaceutical workers during clinical trials is reaching the level of digital interaction. This includes not only compliance with confidentiality principles, but also communication skills via digital platforms. Effective interaction can be established by creating a unified information space in a medical organization. To achieve this, it is necessary to provide employees with computerized workstations united into a single network, shared network resources for exchanging data and messages, communication tools, information security and other components that are common to any modern organization. Such infrastructure systems ensure uninterrupted access to data, its safety and integrity [2].

In turn, specialists must be proficient in the digital tools of automated workstations, have the skills to search and maintain electronic medical records, use medical information systems (MIS), commodity accounting systems (CAS) and other specialized services. At the same time, interaction problems may arise due to different levels of training of specialists in the field of digital technologies. It's important to consider not only the technical but also the ethical aspects of working with digital technologies [3]. One aspect of digital ethics is the right to digital literacy, which emphasizes the development of skills in using information technology.

Previous studies have identified a need for competent specialists in clinical trials. This is especially important for professional interaction in the context of the digitalization of the healthcare system [2]. However, specialists from different fields have developed uneven digital skills and abilities. Therefore, it is necessary to improve the computer literacy of medical and pharmaceutical workers to ensure the proper conduct of clinical trials, strengthen their motivation for self-development, and improve the availability of personal computers in their workplaces. Table 1 represents the level scale of personal computer proficiency what become a basis for overall general literacy.

	Level name	Level characteristic
1	Beginner (or basic)	Basic file and text manipulation skills. Ability to create, rename, copy, and move files, type text in an editor, save documents, etc.
2	Average	Proficiency in email management. Proficiency in word processing, spreadsheets, graphics editing, and product presentations (including the core elements of Microsoft Office programs).
3	Confident	Proficiency in Microsoft Office (full suite), specific software, and any browser. Ability to solve work-related problems using software.
4	Advanced	Proficiency in programming skills. Ability to troubleshoot software errors, etc.
Conducted by author based on sources [1-3]		

Based on the work of foreign scientists, six key digital competencies of healthcare workers were identified:

1) Information management and personal data security.
2) Use of digital systems and clinical safety.
3) Digital communication.
4) Information and medical knowledge management.
5) Patient-centeredness.
6) Rapid adaptation to digital innovations in healthcare [4].

Mastering digital competencies doesn't happen overnight, and this list ranks them in order of importance and relevance to daily work: First, a physician learns to work with a medical information system (MIS), gaining knowledge about how to manage patients' digital personal data and how to ensure its security. Next, they learn to use the MIS's advanced functions and conduct telemedicine consultations. However, a physician's work largely involves working with information, and the rapid accumulation of medical information over the past decade has shifted the focus from the accumulation of knowledge per se to the ability to quickly search, analyze, and synthesize new information, building on a solid foundation of basic knowledge.

Patients are increasingly demanding a more accessible and visual healthcare system. The medical community is expected to provide clear information, convenient communication, and the development and rapid implementation of digital technologies for diagnosis and treatment. Digital technologies are advancing faster than ever, and what seemed impossible just recently is becoming a reality today. Various physician decision support systems and AI-based diagnostic tools have become commonplace in clinics around the world. Those physicians who quickly and effectively implement these tools will be able to work more efficiently and effectively [5].

At the same time, we see in many countries that physicians are struggling to master digital competencies. According to the Stanford Medicine Trend Report 2020, "The Rise of the Data-Driven Physician," nearly half of physicians (47.0%) and three-quarters of medical students (73.0%) say they are seeking additional educational courses or activities to better prepare them for healthcare innovation. Meanwhile, educational programs in digital competencies, while existing, are not mandatory, and digital skills are often learned solely through personal motivation; structured and comprehensive training is rare [6].

High digital skills were defined as those healthcare workers who, according to the survey, "often" or "sometimes" use advanced HIS functions and "always" or "sometimes" use online resources during appointments. The ability to use advanced HIS functions, such as templates and samples, facilitates daily work but requires a deep understanding of the system's functionality to understand how these functions are implemented. We consider the use of online resources in daily work to be an important element of healthcare workers' digital competencies, as quickly searching and analyzing information in the modern world is the source of accurate recommendations that healthcare workers can give to patients, and this requires the ability to use digital technologies. Low digital skills were defined as those healthcare workers who filled out the electronic medical record (EMR) with the help of colleagues or who answered "never" to the question about using online resources during appointments [7].

According to data from studies of employee competency levels in the pharmaceutical sector across countries, low digital skills are primarily found among physicians working in clinics that do not use electronic medical records (55.0%). Furthermore, such organizations typically do not provide training, as only 10.9% of physicians with low digital competencies stated that training was provided and was accessible and understandable. In other cases, training was either not provided at all or was insufficient. Furthermore, 62.7% of physicians in the cohort with low digital skills stated that their organization lacks resources for self-study that they could consult if they had questions [8].

Interestingly, in each survey group, the majority of specialists do not prescribe in the MIS and prefer to do so by hand. The response rate was 72.2% in the low-skills group, 60.9% in the medium-skills group, and 46.5% in the high-skills group. In both the higher-educated and medium- and high-skills groups, employees working in organizations that have implemented the MIS (86.9% versus 46.5% for nurses with low digital skills) possess digital skills, receive specialized training, or have access to resources that explain the workflow and are available for use if questions arise. The majority of employees with secondary vocational education, regardless of their level of digital competence, believe that using the MIS either does not affect their workflow or only partially facilitates their work (more than 50% of respondents with secondary medical education in each group) [6].

Specialists with low levels of digital competencies most often work in clinics that don't have dedicated secure consultation channels, while most highly skilled specialists, conversely, work with clinics that do. These institutions place particular emphasis on protecting patients' personal data through specialized training.

Both physicians and nurses with moderate to high digital skills mentioned that they would like to become more confident in using the MIS, including using advanced features and understanding how to correct errors generated by the system. MS Excel training was a frequent request. Physicians and nurses with high digital skills expressed a desire to learn statistical data analysis.

Physicians with moderate to high digital skills also expressed many wishes for automating routine work using the MIS, such as issuing certificates and generating accounting documentation. Physicians suggested the following ideas for reducing their routine work:

– The availability of risk calculators and clinical scales built into the MIS;
– Templates that ensure the completion of the required minimum medical documentation for a specific disease;

– Automatic uploading of test results and research data to the MIS;

– Automatic generation of specialized forms;

– Accounting of consumables for laboratories and pharmacies in the MIS;

– Integration of inpatient and outpatient data;

– Voice typing;

– Access to clinical guidelines for specific nosologies from the medical information system;

– Intuitive user interface [7-8].

Most articles on measuring digital competencies in medicine focus on studying patients, their level of digital literacy, and its impact on the course of their illnesses. Many studies emphasize the importance of developed digital competencies, although there are virtually no studies examining the competencies of healthcare workers.

The level of digital skills among healthcare workers is largely determined by the daily need for them and the organizational culture. It is lower in medical institutions that do not use a MIS and increases where both healthcare workers and management are committed to developing digital competencies. This trend applies to both doctors and nurses.

It is important to demonstrate the interdependence of a medical organization's efforts to implement a MIS and telemedicine, train staff, create conditions for high-quality and effective work, and develop digital skills in a form that can be assessed using a questionnaire. This assessment of digital competencies is subjective and surrogate, as it is impossible to conduct a true digital skills test on such a sample. It also depends on the working conditions of medical personnel, which is what we aimed to demonstrate in this article. In our study, 21% of medical workers did not have a MIS in their workplace [9]. However, we believe it is important to include them in the overall statistics, as they also have a certain level of digital competencies and a personal attitude toward digitalization.

International colleagues also agree that unlocking the full potential of eHealth is only possible when all healthcare stakeholders (healthcare workers and management) are committed to adopting and implementing information and communication technologies. Healthcare workers need motivation and a desire to gain experience with digitalization within their professional context. Colleague and organizational support appears to be an important factor in fostering a positive digitalization experience among healthcare workers. Healthcare organizations should pay attention to the social environment in the workplace and create a positive atmosphere if they want to improve their response to digitalization. Successful implementation of new technologies requires organizational and collegial support. Adopting a digital culture and developing digital skills or competencies among specialists to support digital transformation in the healthcare sector is fundamental to achieving this goal, as low digital health competence is a common perceived barrier to the adoption of eHealth services.

Researches shows that healthcare workers have a relatively high level of digital literacy in basic areas, with self-assessments of their competencies often higher than test scores. Doctors and nurses actively use computers in their work to maintain medical records, prescribe, access patient information, search for general clinical information online, educate patients, and communicate with them, demonstrating a willingness to use digital tools in their work. Moreover, one study found no differences between doctors, students, and nursing staff.

Analysis of data collected among healthcare workers revealed that awareness, knowledge, and attitudes toward computers are generally high, but computer skills vary depending on specialty and experience.

Literary data demonstrated a correlation between computer literacy and age and education level. Young professionals and those with higher education have higher computer skills. Despite the overall high level of digital literacy, some healthcare workers reported challenges using electronic medical information resources. Therefore, it is important to provide appropriate training and education for the successful integration of eHealth. These results are consistent with our findings.

Japanese researchers have noted an interesting aspect: nurses' digital literacy in eHealth is positively correlated with active participation in hospital affairs and good collegial relationships with physicians [10].

Overall, research data confirms the importance of developing healthcare workers' digital competencies for the successful implementation and use of modern technologies in medical practice.

Therefore, to improve healthcare workers' digital competencies, it is necessary to create an environment that facilitates this development. If a clinic uses a MIS, conducts training sessions, and provides clear and easy-to-use instructions, then staff will inevitably learn to use the MIS, and over time, the tool will become convenient and user-friendly.

Medical workers with high levels of digital skills are more likely to rate the MIS as a user-friendly tool that facilitates their work, which is consistent with the results of some German studies, in which the majority of healthcare workers surveyed possessed a high level of competencies. They demonstrated a high level of trust in technology and confidence in the benefits of its use, especially among younger professionals. It's noteworthy that the group of healthcare workers with low digital competencies has the lowest percentage of those requiring the use of a MIS in their medical facilities, while the number of healthcare workers who believe the MIS hinders their work is two to four times higher in this category. This suggests that many healthcare workers are initially biased against the implementation of a MIS, but once they are trained in its full functionality, their satisfaction increases significantly.

The following components can be considered for developing the digital skills of healthcare professionals:

– implementation of the MIS within the medical institution's practice;

– mandatory, high-quality (possibly repeated) training;

– support from technical specialists at all stages;

– feedback from MIS developers to quickly correct any errors. Developers of MIS and other software

for healthcare institutions must be proactive in organizing high-quality user training on the features and capabilities of their product. Without this component, even the most well-thought-out solutions for facilitating and improving the quality of doctors' work will not be implemented, since the developers often do not recognize the low level of digital competencies of healthcare professionals.

The following point deserves special attention: doctors with high and moderate digital skills are more likely to have telemedicine consultation facilities in their clinics and have received training in personal data protection, yet they more often use instant messaging apps and email to communicate with patients. The context in which doctor-patient interactions occur requires further study, as there is a high risk of exchanging personal data over unsecured communication channels. An analysis is needed to determine whether existing telemedicine consultation systems meet the needs of both doctors and patients and whether they are user-friendly and accessible.

Digital competencies are difficult to measure because they consist of a large number of subcompetencies, and existing measurement tools are not yet able to capture this complexity. Most studies use questionnaires, but these only allow us to assess how individuals assess their competencies, which is determined not only by their personality and values, but also by their environment. This means that a physician working in a medical facility where it's common practice to fill out medical records by hand doesn't feel the need to develop their digital competencies, compared to a physician working in an innovative facility with sophisticated diagnostic equipment.

References

9. Designing a user-friendly inventory management system interface for employees with low Digital Literacy: A Design Thinking Approach. (2024). Journal of Logistics, Informatics and Service Science, 11(10). https://doi.org/10.33168/jliss.2024.1003

10. Munsour, E. E., Jaam, M., MacLure, K., & Crilly, P. (2025). The use of information and Digital Health Technologies in Medication Literacy. Health Literacy in Medicines Use and Pharmacy, 237–256. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-824407-4.00015-5

11. Warner, B., & Gerrett, D. (2007). Reducing medication errors: Perceived information needs of healthcare practitioners. International Journal of Pharmacy Practice, 15(3), 219–228. https://doi.org/10.1211/ijpp.15.3.0009

12. Maheshwari, M., Reddi, T. L., & Kela, N. (2025). Digital Health Platforms for medication management. Technical Advances in Pharmacy: An Overview, 193–207. https://doi.org/10.2174/9798898812379125010011

13. Marsh, E. (2018). Understanding the effect of digital literacy on employees' digital workplace continuance intentions and individual performance. International Journal of Digital Literacy and Digital Competence, 9(2), 15–33. https://doi.org/10.4018/ijdldc.2018040102

14. Cetindamar, D., Abedin, B., & Shirahada, K. (2024). The role of employees in Digital Transformation: A preliminary study on how employees' Digital Literacy impacts use of digital technologies. IEEE Transactions on Engineering Management, 71, 7837–7848. https://doi.org/10.1109/tem.2021.3087724

15. MacLure, K., & Stewart, D. (2018). A qualitative case study of ehealth and Digital Literacy Experiences of Pharmacy Staff. Research in Social and Administrative Pharmacy, 14(6), 555–563. https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2017.07.001

16. Li, S., Wang, Y., & Wang, X. (2026). To embrace or to avoid: The dual path effects of digital technology requirements on employees with different digital literacy. Frontiers in Psychology, 16. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1676932

17. Duffy, F. F., Fochtmann, L. J., Clarke, D. E., Barber, K., Hong, S.-H., Yager, J., Mościcki, E. K., & Plovnick, R. M. (2015). Psychiatrists' comfort using computers and other electronic devices in clinical practice. Psychiatric Quarterly, 87(3), 571–584. https://doi.org/10.1007/s11126-015-9410-2

18. Thapa, S., Nielsen, J. B., Aldahmash, A. M., Qadri, F. R., & Leppin, A. (2021). Willingness to use digital health tools in patient care among health care professionals and students at a University Hospital in Saudi Arabia: Quantitative Cross-sectional survey. JMIR Medical Education, 7(1). https://doi.org/10.2196/18590

PHYSICS AND MATHEMATICS

ОБ АЛГЕБРЕ МУХАММАДА АЛ-ХОРЕЗМИ

Комили А.Ш.
Бохтарский государственный университет имени Носира Хусрава (Таджикистан), доктор физико-математических наук, профессор физического факультета, академик Международной Академии высших школ

ABOUT THE ALGEBRA OF MUHAMMAD AL-KHWARIZMI

Komili A.
Bokhtar State University named after Nosir Khusrav (Tajikistan), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Physics Department, Academician of the International Academy of Higher Schools
DOI: 10.5281/zenodo.20665292

Аннотация
В истории науки с именем ал-Хорезми прочно связано два математического термина: алгоритм (от его нисбы – аль-Хорезми) и алгебра (с названием его труда «Ал-джабр ва-л-мукабала»). Мухаммад ибн Мусы ал-Хорезми сыграл большую роль также в развитии астрономии и географии. Статья посвящена алгебры Мухаммад ибн Мусы ал-Хорезми, и предназначена в первую очередь историкам математической науки, также может быть полезной и самым математикам.

Abstract
In the history of science, two mathematical terms are firmly associated with the name of al-Khwarizmi: algorithm (from his nisba – al-Khwarizmi) and algebra (from the title of his work “Al-jabr wa-l-muqabala”). Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi also played a major role in the development of astronomy and geography.

Ключевые слова: математика, алгебра, аль-Хорезми, средние века.
Keywords: mathematics, algebra, al-Khwarizmi, Middle Ages.

Введение

Наследие великого персидско-таджикского математика Абу Абдуллаха Мухаммада ибн Мусы ал-Хорезми (763-850), более известного в научном мире как аль-Хорезми, представляет собой неоценимый вклад в развитие математических наук. Его работы, которые были написаны в IX веке, стали основополагающими для формирования алгебры как самостоятельной дисциплины, что в свою очередь оказало значительное влияние на дальнейшее развитие математики в целом. аль-Хорезми не только систематизировал знания, накопленные до его времени, но и ввел новые методы и подходы, которые легли в основу алгебраических уравнений и операций. Его работы стали основополагающими для формирования алгебры как самостоятельной дисциплины.

Влияние ал-Хорезми на развитие математики было огромным. Его работы были переведены на латынь и другие европейские языки, и на протяжении многих веков служили основным источником знаний по алгебре. Именно благодаря ал-Хорезми алгебра стала самостоятельной наукой и получила дальнейшее развитие в трудах последующих поколений математиков. Его имя увековечено в термине "алгоритм", который происходит от латинизированной формы его имени – Algorithmi.

Данное исследование посвящено анализу его вклада в историю алгебры, а также изучению тех идей и концепций, которые он предложил. Мы рассмотрим, как его работы повлияли на последующие поколения ученых и как они способствовали распространению алгебраических знаний. В ходе исследования также уделено внимание тому, как его труды были переведены и адаптированы, что способствовало их популяризации и дальнейшему развитию алгебры как науки.

Основная часть

Перу ал-Хорезми принадлежит трактат «*Об индийском счёте*», который сохранился на латинском переводе (De numero indorum) и способствовал популяризации позиционной системы во всём халифате, вплоть до Испании (Андалусии). Когда в XII веке эта книга переводится на латинский, от имени её автора (Algorithmi) происходит наше слово «*алгоритм*» (algorithm). Самое большое влияние оказало на европейскую науку и породило ещё один современный термин «*алгебра*» другое его сочинение под названием «Аль-китаб аль-мухтасар фи хисаб аль-джабр ва-ль-мукабала» («Краткая книга об исчислении аль-джабра и аль-мукабала»). В книге словесно разбираются линейные и квадратные уравнения без учета отрицательного корня.

- ♦ квадраты равны корням ($5x^2=10x$)
- ♦ квадраты равны числу ($5x^2=80$)
- ♦ корни равны числу ($4x=20$)
- ♦ квадраты и корни равны *числу* ($x^2+10x=39$)
- ♦ *квадраты и числа* равны корням ($x^2+21=10x$)
- ♦ корни и числа равны квадрату ($3x+4=x^2$).

Многие средневековые мусульманские математики комментировали книгу «Ал-джабр ва-л-мукабала» ал-Хорезми. После ал-Хорезми на его примере сочинили свою книгу ”Китаб ал-джабр ва-л-мукабала” более 40 и на ”раздел наследства” более 70 ученых. Краткая информация об этих ученых и их сочинениях приведено в книге [4].

Арифметический трактат ал-Хорезми «Китаб ал-хисаб ал-хинд» («Книга о счете индусов») сыграл решающую роль в распространении индийской арифметики за пределами Индии. После появления трактата Мухаммада ал-Хорезми об индийской арифметике, изложенные в нем методы начали быстро распространятся среди математиков мусульманского средневековья.

Трактат «Китаб ал-хисаб ал-хинд» оказал большое влияние на развитие науки в странах Востока, а затем и в Европу, который был переведен с арабского на латыни в первой половине XII века, но единственная известная рукопись, которая начинается со словом «ал-Хорезми сказал … » относится к XIII в. В этом не очень точным переводом, в котором переводчик или переписчик более раннего перевода пытался приспособить индийскую арифметику к потребностям европейцев.

Его алгебраический трактат: «Китаб мухтасар мин хисаб ал-джабр ва-л-мукабала» («Краткая книга об исчислении алгебры и алмукабалы») состоит из двух частей - теоретической и практической. В первой из них излагается теория линейных и квадратных уравнений, а также решается некоторые вопросы геометрии. Во второй части алгебраические методы применены к решению конкретных прикладных задач.

Во введении ал-Хорезми пишет о том, что побудило его взяться за написание сочинения: «Я составил краткую книгу об исчислении алгебры и алмукабалы, заключающую в себе простые и сложные вопросы арифметики, ибо это необходимо людям при дележе наследства, составлении завещаний, разделе имущества и судебных делах, в торговле и всевозможных сделках, а также при измерении земель, проведении каналов, инженерное дело (геометрии) и прочих разновидностях подобных дел» [5; с.26].

Неизвестную величину ал-Хорезми называет термином «корень» (джизр) и даёт следующее определение: «Корень - это всякая вещь, умножаемая на себя, будь то число, равное или большее единицы, или дробь, меньшая её». Термин «корень», применяемый ал-Хорезми, является, переводом староиндийского (санскритского) слова «мула» («корень растения»), которым обозначали неизвестную в уравнении индийские математики. Позднее ученые на места «корень» применяли термин «вещь» («шай»).

Квадрат неизвестной назван термином «имущество» («мал») и определяется как «то, что получается из корня при его умножения на себя» [5; с.26].

1-6 главы трактата - правила решение 6 типов линейных и квадратных уравнений с положительными коэффициентами: 1. «Квадраты равны корням» ($cx^2 = bx$); 2) «Квадраты равны числу» ($cx^2 = a$); 3) «Корни равны числу» ($bx = a$); 4) «Квадраты и корни равны числу ($cx^2 + bx = a$); 5) «Квадраты и числа равны корням» ($cx^2 + a = bx$); 6) «Корни и число равны квадрату» ($bx + a = cx^2$). Правила 4-6 глав формулируются для числовых примеров, в которых $c = 1$. Следующими формулами:

$$4)\ x = \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + a} - b,\ 5)\ x = b \pm \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 - a},$$

$$6)\ x = \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 - a} + b\ .$$

Уравнения приводится к указанным каноническим формулам с помощью операций «алгебра» (ал-джабр, буквально «восполнение») и ал-мукабала (буквально «противопоставление»), стоящих в переносе вычитаемых членов из одной части равенства в другую в виде прибавляемых (при этом первая часть «восполняется») и в сокращении равных слагаемых в обеих частях (при этом сокращаемые члены «противопоставляются»).

7-9 главы. «Доказательства 4-6 глав» - с помощью геометрических построений, при которых x и b изображаются отрезками, произведение bx -прямоугольником, построенным на этих отрезках, a - плоской фигурой, состоящей из прямоугольников.

10-глава. «Глава об умножении» - правила умножения многочленов. 11-глава. «Глава об увеличении и уменьшении» - правила сложения, вычитания и умножения квадратичных иррациональностей (на числовых примерах). Эти правила можно выразить формулами вида

$$\left(a + b\sqrt{k}\right) \pm \left(c + d\sqrt{k}\right)$$
$$= (a \pm c) + (b \pm d)\sqrt{k}\ ,\sqrt{a}\ \cdot \sqrt{b}$$
$$= \sqrt{ab}\ .$$

и комбинациями этих формул. 12 глава. «Глава о шести задачах» - задачи, приводящие к уравнениям 1-6 глав. 13-глава. «Глава о различных задачах» - задачи, как приводящие к уравнениям 1-6 глав, так и решаемые арифметически. 14 глава. «Глава о сделках» - задачи на тройное правило.

15-глава. «Глава об измерении» - правила вычисления площадей квадрата, треугольника, ромба, круга и сектора, длины окружности $\left(\pi = 3\frac{1}{7}\ ,\sqrt{10}\ ,\frac{62832}{20000}\right)$, объема параллелепипеда, треугольной призмы, круглого конуса, усеченных пирамид и конуса, классификация треугольников и четырехугольников.

16-23 главы. «Книга о завещаниях» - различные задачи на раздел наследств на основе мусульманского наследственного правила. Задачи приводятся к линейным уравнениям.

24-27 главы. «Исчисление кругооборотов» - более сложные задачи на раздел наследств, при которых наследник умирает раньше завещателя.

Приводим примеры из алгебраического трактата ал-Хорезми.

Задача 1. Человек умер, оставив свою мать, свою жену, двух своих братьев и двух своих сестер от того же отца и матери и завещал другому человеку одну девятую своего имущества. Правило таково (решение): ты установишь [число] частей необходимого наследства, если возьмешь их сорок восемь. Ты знаешь, что если от всего имущества ты вычтешь одну девятую, останутся восемь девятых и то, что отнимается, равно одной восьмой того, что

остается. Прибавь к восьми девятым одну восьмую этого и к сорока восьми одну восьмую для того, чтобы твое имущество стало польным, это шесть. Получится пятьдесят четыре. Тот, кому завещана одна девятая, получит из этого шесть, т.е. одну девятую всего имущества. То, что остается, т.е. сорок восемь, [делится] между наследниками по их долям [5; с.61].

Как стало известно при решении задачи ал-Хорезми число не употребляет. Алгебра ал-Хорезми словесная.

Комментируем решение задачи.

Принципы мусульманского права по вопросам наследования имущества изложены в Коране следующим образом: «Аллах заповедует вам относительно ваших детей: мужчине достается доля, равная доле двух женщин. Если все дети являются женщинами числом более двух, то им принадлежит две трети того, что он оставил. Если же есть всего одна дочь, то ей принадлежит половина. Каждому из родителей принадлежит одна шестая того, что он оставил, если у него есть ребенок. Если же у него нет ребенка, то ему наследуют родители, и матери достается одна треть. Если же у него есть братья, то матери достается одна шестая. Таков расчет после вычета по завещанию, которое он завещал, или выплаты долга. Ваши родители и ваши дети - вы не знаете, кто из них ближе и приносит вам больше пользы. Таково предписание Аллаха. Воистину, Алллах - Знающий, Мудрый. [6. сура «Нисо», аят 11].

«Вам принадлежит половина того, что оставили ваши жены, если у них нет ребенка. Но если у них есть ребёнок, то вам принадлежит четверть того, что они оставили. Таков расчет после вычета завещанию, которое они завещали, или выплат долга. Им принадлежит четверть того, что вы оставили, если у вас нет ребёнка. Но если у вас есть ребенок, то им принадлежит одна восьмая того, что вы оставили. Таков расчет после вычета по завещанию, которое вы завещали, или выплаты долга. Если мужчина или женщина, которые оставили наследство, не имеют родителей или детей, но имеют брата или сестру, то каждому из них достается одна шестая. Но если их больше, то они имеют равные права на одну треть. Таков расчет после вычета по завещанию, которое он завещал, или выплаты долга, если это не причиняет вреда. Такова заповедь Аллаха, ведь Алллах-Знающий, Выдержанный. [6. сура «Нисо», аят 12]

Так как, согласно выше приведёнными аятами, мать получает - $\frac{1}{6}$ имущества, а жена - $\frac{1}{8}$, необходимое наследство, т.е. что оставляется матери, жене, братьям и сестрам, делится на 48, из которых 8 идет матери, 6 жене, а остальные части делятся между братьями и сестрами. Так как необходимое наследство есть $\frac{8}{9}$ имущества, все имущество $\frac{9}{8}\cdot 48 = 54$ частей, из которых 9 идет тому, кому завещано, 8-матери, 6-жене, а остальные части делятся между братьями и сестрами.

Задача 2. Человек умер и составил четырех сыновей и завещал одному человеку равное доле одного сына и другому-четверть того, что остается от трети после выделения доли. Знай, что в этом деле завещанное берется из трети имущества. Правило [решение]: возьми треть имущества и отними от нее долю, останется треть имущества без доли. Затем вычти из этого четверть того, что остается от трети, т.е. четверть трети без четверти доли. Останется: четверть имущества без трех четвертей доли. Прибавь к этому две трети имущества. Получится: одиннадцать двенадцатых без трех четвертей доли равные четырем долям. Восполни это время четвертями доли и прибавь это к четырем долям. У тебя получится: одиннадцать двенадцатых имущества равны четырем и трем четвертям долям. Восполни твое имущество, т.е. прибавь к четырем и трем четвертям долям их одну одиннадцатую. Получится: пять и две одиннадцатых долей равны имуществу. Прими долю за одиннадцать, а имущество-за пятьдесят семь. Тогда треть его есть девятнадцать. Вычти из этого долю, т.е. одиннадцать, останется восемь. Для того, кому завещано, отсюда-два, остальные шесть возвращаются к двум третям, т.е. к тридцати восьми. Полученные сорок четыре [делятся] между четырьмя сыновьями, каждому сыну по одиннадцать частей [5; с.66-67].

Комментарии решение задача. Сыновья получают по $\frac{1}{4}$ того, что остается после выделения завещанного. Если принять имущество за x, а долю сына за y, то $x = 4y + y + \frac{1}{4}\left(\frac{x}{3} - y\right)$, т.е. $\frac{11}{12}x = 4\frac{3}{4}y$ или $x = \frac{57}{11}y$. Поэтому ал-Хорезми считает, что $x = 57, y = 11$, завещанные суммы равны 11 и $\frac{1}{4}(19 - 11) = 2$.

Задача 3. Человек оставил наследство трем сыновьям и завещал одному человеку корень доли одного из них.

В таких примерах следует, чтобы величина имущества была известна, а затем принять долю наследника за квадрат (x^2), а завещанное - за вещь (x корень). Тогда три квадрата и вещь равны имуществу (а т.е. $3x^2 + x = a$). После приведения будет: $x^2 + \frac{x}{3} = \frac{a}{3}$. Эта задача, является первой из сложных. Данная задача решается другим персидско-таджикским математиком ал-Каши (1380-1429) [1]. Он решает эту задачу по правилу ал-Хорезми, т.е. возведем в квадрат половину числа вещей. $\left[\left(\frac{1}{3}:2\right)^2 = \left(\frac{1}{36}\right)\right]$, прибавим ее к трети имущества $\left[\frac{1}{36} + \frac{a}{3}\right]$, возьмем корень из этого $\left(\sqrt{\frac{1}{36} + \frac{a}{3}}\right)$ и вычтем из нее половину числа вещей $\left(\sqrt{\frac{1}{36} + \frac{a}{3}} - \frac{1}{3}:2 = \sqrt{\frac{1}{36} + \frac{a}{3} - \frac{1}{6}}\right)$. То, что останется, это завещанное $\left(x - \sqrt{\frac{1}{36} + \frac{a}{3}} - \frac{1}{6}\right)$, а квадрат ($x^2$) его одна доля наследника.

Ал-Каши сначала составляет квадратное уравнение с параметром: $3x^2 + x = a$, после приведения $x^2 + \frac{1}{3}x = \frac{a}{3}$ решает задачу по правилу ал-Хорезми $x = \sqrt{\frac{1}{36} + \frac{a}{3}} - \frac{1}{6}$. После этого даёт разъяснение. Если, например, имущества есть тысяча двести

двадцать ($a = 1220$), то завещанное есть двадцать $\left(x = \sqrt{\frac{1}{36} + \frac{1220}{3}} - \frac{1}{6} = \frac{120}{6} = 20\right)$ а каждое из долей есть четыреста ($20^2 = 400$), т.е. квадрат завещанного ($x^2 = 20^2 = 400$).

Задача 4. Человек оставил наследство трем сыновьям и завещал одному человеку их долю, а другому корень того, что остается из треть [имущества] после выделения доли. Необходимо, чтобы имущество было известно, как в предыдущем примере. Пусть оно есть тысяча динаров. Примем второе завещанное за вещь (x). Тогда то, что останется от трети после выделение доля, есть квадрат. Вычтем это из треть имущество, т.е. трехсот тридцати трех динаров и треть динара. Останется триста тридцать три динара и треть динара без квадрата

$\left(\frac{1000}{3} - x^2 = 333\frac{1}{3} - x^2\right)$, это одна доля [т.е. доля одного сына равна доли завещанной одному человеку]. Поэтому сумма двух завещанных и доля трех сыновей равно тысяче динаров

$$\left(333\frac{1}{3} - x^2\right) + x + 3 \cdot \left(333\frac{1}{3} - x^2\right) = 1000$$

или $333\frac{1}{3} + x = 4x^2, 83\frac{1}{3} + \frac{x}{4} = x^2$.

Это квадратное уравнение ал-Каши решает как шестой пример по правилу ал-Хорезми и получает приближенный ответ $x \approx 9{,}2545$.

Начиная с XII в. европейские математики начали, переводит научные труды мусульманских математиков в том числе «Алгебры» ал-Хорезми. Постепенно алгебры начали излагать способом, близким к современному.

Именно его трактат «Китаб ал-джебр ва-л-мукабала» («Книга о восстановлении и противопоставлении») заложил основы алгебры как самостоятельной математической дисциплины. В этой работе ал-Хорезми систематизировал известные на тот момент методы решения линейных и квадратных уравнений, ввел правила преобразования уравнений и дал геометрическую интерпретацию алгебраическим операциям.

ал-Хорезми предложил универсальный подход к решению уравнений, который не зависел от конкретных числовых значений. Он ввел понятия "алджебр" (восстановление), означающее перенос отрицательных членов из одной части уравнения в другую с изменением знака, и "ал-мукабала" (противопоставление), означающее сокращение равных членов в обеих частях уравнения. Эти операции позволяли приводить уравнения к каноническому виду, удобному для решения.

В своем труде ал-Хорезми систематизировал методы решения линейных и квадратных уравнений, ввел основные алгебраические операции и разработал правила преобразования уравнений. Он предложил алгоритмы решения задач, которые ранее решались только геометрическими способами, тем самым продемонстрировав мощь алгебраического подхода. ал-Хорезми также ввел понятие "алджебр" (восстановление), означающее перенос отрицательных членов из одной части уравнения в другую, и "ал-мукабала" (противопоставление), означающее сокращение одинаковых членов в обеих частях уравнения.

Важным аспектом работы ал-Хорезми является его акцент на практическом применении алгебры. Он приводил многочисленные примеры решения задач, связанных с торговлей, землемерием, строительством и другими областями жизни. Это сделало алгебру доступной для широкого круга людей и способствовало ее распространению.

Заключение

Вклад ал-Хорезми не ограничивается только алгеброй. Он также внес значительный вклад в развитие арифметики, географии и астрономии. Его работа «Книга об индийском счете» способствовала распространению в Европе индийской позиционной системы счисления, включая использование нуля. Благодаря этой системе стало возможным значительно упростить арифметические вычисления.

ал-Хорезми руководил Домом мудрости в Багдаде после Навбахта Ахвази (676-777) [3], крупным научным центром, где работали выдающиеся ученые того времени. Он занимался переводами и комментированием трудов античных авторов, что способствовало сохранению и распространению научного наследия.

Наследие ал-Хорезми оказало огромное влияние на развитие науки. Его работы были переведены на латинский язык и стали основой для преподавания математики в европейских университетах. Именно благодаря ему алгебра стала мощным инструментом для решения широкого круга задач в различных областях науки и техники.

References

1. Джамшид Гиясэддинал-Каши. Ключ арифметики трактат об окружности. Перевод с арабского Б. А. Розенфельда, комментарии А.П. Юшкевича и Б.А. Розенфельда. Москва -1956. – С. 244-254.

2. Комили Абдулхай. Краткий математический словарь мусульманского Востока. – Изд. 2-е. - Душанбе, 2021. – 48 с. (на таджикском языке).

3. Комили А. Ш. Персидско-таджикский ученый – основатель средневекового Багдада и директор библиотеки «Дом мудрости» («Байт аль-хикма») // Вестник национальной библиотеки. Научный журнал 2023, № 4 (4). – С. 119-125.

4. Матвиевская Г.П., Розенфельд Б.А. Математики и астрономы мусульманского средневековья и их труды (VIII-XVII вв.). - Книга 2.– М.: Наука, 1983. – 650 с.

5. Мухаммад аль-Хорезми. Математические трактаты. Перевод Ю. Х. Копелевич и Б. А. Розенфельда. Комментарии Б. А. Розенфельда. Издательство «Наука» Узбекской ССР. Ташкент, 1964, 129 с.

6. Священный Коран. Смысловой перевод на русский язык. Первое издание. Автор перевод с арабского Кулиев Эльмир Рафаэль оглы. Комплекс имени Короля Фахда по изданию священного Корана, Саудовская Аравия 1425 г.х. (2002 г.), 1074 с.

POLITICAL SCIENCES

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DEMOCRATIC RESILIENCE: THE EUROPEAN UNION'S RESPONSE TO ALGORITHMIC POLARIZATION AND DIGITAL DISINFORMATION

Hasanov A.
University of Opole
Institute of Political Science and Administration
Science Expert
ORCID 0009-0008-5891-1356
DOI: 10.5281/zenodo.20665311

Abstract

In this paper, the interrelationship between artificial intelligence and democratic resilience will be considered, especially in the case of the European Union. Based on empirical research data, it will be shown how misinformation spreads faster than truth because of the specifics of the human psyche, the functioning of bot networks, as well as the creation of deepfakes and other types of synthetic content using algorithms. This research will consider different disinformation risks, ranging from generative text oversupply to microtargeted propaganda, and show why the development of measures for the timely detection, verification, and regulation of disinformation is vital. Finally, the AI Act adopted by the European Union in 2024 will be analyzed to demonstrate how the law takes into account risks in the field of artificial intelligence.

Keywords: Disinformation, artificial intelligence, deepfake, bot networks, AI act.

1. INTRODUCTION

Empirical evidence from recent research shows that disinformation in digital settings is affected by a complex relationship among psychological aspects, algorithms, media ecology, and technology advancements. According to current research findings, disinformation does not emanate from one source but rather spreads through multiple channels and avenues that have recently received considerable attention from researchers.

One key piece of research carried out by Vosoughi et al. in 2018 analyzed about 126,000 information cascades on the online social networking platform called X and found that false information was spread more quickly, further, and widely than true information. It became clear from this research that false content generally contains more novelty and emotion, especially through surprise and disgust, making the dissemination of the information more likely. This finding was even more alarming because it appeared that the spread of misleading stories was due mostly to human actions and not bot activity. This is evidenced by the fact that bots circulated both true and false stories at roughly equal rates.

Although humans primarily propagate viral misinformation, studies indicate that automated bot accounts significantly enhance its spread. Shao et al. (2018), in their examination of 14 million tweets during the 2016 U.S. election, discovered that bots played a significant role in disseminating misinformation. During the initial phase of an article's distribution, bots fervently pushed links from unreliable sources, frequently aiming at influential users to spark viral dissemination. Human users often re-shared this material, which expanded its reach even more. The research indicates that restricting coordinated bot networks might lessen the swift dissemination of misinformation on the internet.

On Facebook, the dissemination of misinformation is primarily focused among particular demographic groups. Guess et al. (2019) discovered that a minority of users were responsible for the majority of fake news dissemination during the 2016 election, with older individuals sharing notably more misleading content compared to younger users. This trend continued even after adjusting for ideology, suggesting that age-related discrepancies in digital literacy might be a significant factor. The results emphasize the importance of focused interventions for at-risk user groups instead of one-size-fits-all approaches.

In addition to user behavior, systemic problems within the scientific communication ecosystem also lead to misinformation. Parker et al. (2021), addressing COVID-19, recognized issues like poor-quality publications, restricted access to trustworthy research, and ineffective science communication. These elements can facilitate the dissemination of false health assertions, particularly when initial results are broadly shared without adequate peer evaluation. The research highlights changes like enhanced publication criteria, better public engagement, and wider open access to reliable studies. It also highlights the continuing discussion about preprints and their impact on the spread of misinformation.

Research based on observation also indicates effective strategies. Pennycook et al. (2021) demonstrate that straightforward behavioral "nudges," like encouraging users to think about accuracy prior to sharing information, greatly diminish the dissemination of false news. Numerous users prioritize precision but do not implement thorough assessment while quickly disseminating information. Accuracy prompts assist in aligning actions with expressed preferences and function across various ideological factions. This indicates that platforms may minimize misinformation by implementing affordable design modifications that promote contemplation while sharing.

Ultimately, developments in AI greatly increase the dangers of misinformation. Generative models can now create extremely realistic fake news, images, audio, and video that are frequently indistinguishable

from genuine content. Research indicates that AI-created political material can often be confused with genuine journalism, and deepfakes alongside synthetic identities add to the confusion between reality and falsehood. These advances reduce obstacles for widespread disinformation efforts, increasing the need for detection and regulation. Suggested solutions encompass enhanced detection mechanisms, content origin verification systems, and revised AI regulatory frameworks.

Together, these studies show that misinformation is influenced by a combination of factors involving platforms, users, institutions, and new technologies. They advocate for the necessity of multi-tiered interventions, encompassing platform governance, behavioral nudges, and regulatory supervision. The subsequent section expands on this by classifying disinformation threats and examining their functional dynamics to guide specific policy measures.

2. MAPPING DESINFORMATION RISK BY CATEGORY AND SCALE

The considerable increase in the availability of the internet and social media around the world has made worries about AI-generated misinformation more serious. From current global data, up until April 2025, 5.64 billion people out of the total world population used the internet, constituting 68.7% of all the world's population. On the other hand, around 5.31 billion active social media accounts existed in the same year, making up 64.7% of the total world population. Moreover, at the start of 2025, the average daily use of social media was also extremely high, between 143 to 147 minutes a day.

In light of this context, it is crucial to compare disinformation trends with worldwide usage patterns. The data suggests that the noted rises in occurrences like deepfakes, bots, and synthetic identities align with wider worldwide growth patterns, instead of being standalone incidents (NewsGuard, 2024; Sumsub, 2024). This reinforces the credibility of the results and emphasizes the systemic aspect of the issue.

The deepfakes sector demonstrates a distinct technological competition between systems for generating content and those for detecting it. A reported 5× rise in deepfake material corresponds with worldwide growth predictions of more than 550% since 2019 (MarketsandMarkets, 2024; Security.org, 2024). Deepfakes are progressively transitioning from specialized applications to widespread use in deception, political manipulation, and influence strategies. Approximately 500,000 deepfake videos were circulated in 2023, with estimates soaring to 8 million by 2025, signifying rapid expansion (Moore, 2024). Moreover, more than 6% of fraud incidents currently feature deepfakes (ACI Worldwide, 2024), illustrating their tangible effect on financial and information systems.

These patterns highlight a critical demand for responses. Responses to policies encompass enhanced detection technologies, including deepfake forensics and media authentication systems, alongside regulatory measures like watermarking AI-generated material and limiting harmful use (European Parliament, 2022). Due to the worldwide extent of the issue, international collaboration is crucial, as fraud related to deepfakes has surged dramatically in various areas, with increases of +1740% in North America and +780% in Europe within just one year (Redline Digital, 2023).

2.1. Generative text oversupply

Misinformation generated by AI has become rampant and has been known to evade traditional means of detecting it. It is worth noting that recent benchmark results indicate a huge spike in the number of websites engaging in the creation of AI-generated fake news, showing how the artificial intelligence technology has evolved into being able to produce massive amounts of affordable content. With the already proven fact that misinformation spreads faster than factual news on social media sites, this is likely to create a very risky digital ecosystem where AI-generated stories spread like wildfire.

This indicates that traditional reactive moderation methods, like removing content after publication, might be inadequate. More proactive approaches are needed, such as AI-driven provenance validation, immediate authenticity assessment, and automated detection mechanisms that can recognize patterns of text generated by machines. Mandatory labeling of AI-created political content as a policy intervention could enhance transparency and lower risks of manipulation.

The reported emergence of more than 1,200 AI-generated content sites by 2024 (NewsGuard, 2024) emphasizes the expanding scale of synthetic media creation and stresses the necessity for enhanced media literacy. Numerous platforms operate as automated content farms, obscuring the line between human and machine-produced information. In general, these benchmark comparisons validate that the noted increase in AI-generated misinformation signifies a larger structural change in the information ecosystem instead of standalone events.

2.2. Scale of fake personas

Synthetic identities are being utilized more frequently in financial fraud and information operations, with benchmark data validating the extent of this trend. Losses associated with synthetic identity theft were estimated at $35 billion for the year 2023 based on projections from the Federal Reserve Bank of Boston, especially regarding financial crimes. Nonetheless, comparable identity-creation methods are currently being adapted for misinformation efforts, involving counterfeit journalists, activists, and community groups.

A documented fivefold rise in digital identity fraud over two years underscores how generative AI facilitates the widespread creation of realistic fake identities, such as AI-generated profile photos and synthetic voice materials (Sumsub, 2024). This advancement greatly reduces the expenses and intricacies involved in managing synchronized influence efforts.

From a policy standpoint, these trends highlight the necessity for more robust digital identity verification tools. Platforms and messaging services could implement tougher verification processes for influential or politically sensitive accounts to curb extensive coordinated deceptive actions. Although this brings up issues related to privacy and anonymity, existing metrics suggest that the widespread use of synthetic identities has already compromised information integrity on a large scale.

Enhanced authentication mechanisms (such as advanced verification systems and multi-factor account validation) and the identification of coordinated inauthentic actions (Meta, 2023) are crucial. Moreover, collaboration across platforms, like common databases of recognized fraudulent accounts, could assist in minimizing the proliferation of synthetic identity networks throughout digital environments.

2.3. Pervasive bot automation

In the context of automated online activity, forecasts indicate that almost 25% of social media interactions in certain sectors are generated by bots. This aligns with broader global estimates showing that a substantial proportion of internet traffic originates from non-human or automated entities. Such findings suggest that automated systems are no longer isolated phenomena but have become deeply embedded within the structural functioning of contemporary digital environments. In particular, "malicious bots" are increasingly used to amplify misinformation and manipulate online discussions (Zhang et al., 2023).

Research indicates that bot networks are utilized during elections and public health emergencies to enhance divisive or misleading narratives (Shao et al., 2018). This supports the idea that bots are crucial in hastening the initial spread of misinformation prior to human users sharing it more widely.

These results suggest the necessity for enhanced platform-level protections and possible regulatory supervision. Social media platforms ought to improve the identification and labeling of automated accounts through sophisticated AI-driven tools and systems like bot-detection frameworks, along with actively dismantling coordinated fake networks. Nonetheless, evidence indicates that even verified or semi-trusted accounts may be manipulated by bots, suggesting that current verification systems need ongoing improvement.

From a policy standpoint, discussions regarding initiatives like compulsory bot disclosure requirements have taken place in certain jurisdictions. Moreover, interdisciplinary research is crucial for enhancing the differentiation between human behaviors and the increasingly advanced patterns exhibited by AI systems, as these bot technologies progress towards more human-like actions.

2.4. Micro-targeting and individualized propaganda

Examples of current trends in microtargeting show that artificial intelligence techniques allow for a considerable degree of message customization based on users' psychographic and behavior patterns, thus increasing the efficiency of such marketing tools. The stated statistic that targeted campaigns can impact approximately 34% of users aligns with wider findings from digital advertising, where AI-powered microtargeting greatly enhances engagement rates. Benchmark statistics reveal that retargeted advertising achieves click-through rates up to 10× greater, highlighting why malicious actors employ analogous tactics: tailored disinformation is more potent than generic communication in influencing perceptions and actions (AI Marketing Advances, 2023; Redline Digital, 2023).

These results highlight significant policy and ethical issues related to the application of microtargeting in political messaging. Regulatory discussions, such as those in the EU, have examined the possibility of restricting or prohibiting microtargeted political ads. At the very least, enhanced transparency standards are essential so users grasp the reasons behind the political content they encounter, along with better access for researchers to platform advertising information (e.g., via ad libraries as stipulated by the EU Digital Services Act).

In addition, digital literacy initiatives should pay closer attention to educating people about the fact that digital content is often manipulated and tailored by algorithms, thus enabling users to have a more critical mindset when assessing tailored content found online. From a technical standpoint, detection systems might recognize questionable advertising behaviors, like uneven targeting of at-risk demographics or irregular ad distribution, to highlight possible propaganda efforts for evaluation.

In general, although microtargeting serves as a common marketing strategy, its inappropriate use for spreading misleading or extremist information greatly increases its societal dangers, especially because of its strong ability to influence user perceptions.

2.5. Pace of misinformation and reaction

Metrics for real-time disinformation indicate a significant improvement in response times, with average correction intervals decreasing from 30–45 minutes in 2021 to approximately 15 minutes in 2023 (Disinformation Research, 2023). Nonetheless, considering that misinformation can circulate extensively in just a few minutes, even this shortened interval is important. Malicious individuals frequently take advantage of breaking news situations, swiftly inserting false narratives amid crises or significant announcements before verification procedures can intervene. Recorded examples, such as occurrences of temporary market upheaval triggered by misleading information, demonstrate how rapidity can be turned into a tool (Hunter J., 2024).

These results emphasize the necessity for immediate detection and intervention systems as an essential part of counter-disinformation strategies. Possible solutions consist of automated systems that oversee abrupt increases in keywords or sentiment irregularities, activating notifications for moderators or producing immediate contextual alerts. Cooperation among platforms, fact-checkers, and public institutions is crucial, as shown by initiatives like WhatsApp rumor-response systems and partnerships addressing health-related misinformation with official agencies. Community-focused tools like X (Twitter) Community Notes offer quicker corrective feedback but frequently trail the initial dissemination of misinformation.

Upcoming strategies must include pre-bunking methods, where individuals are alerted to potential misinformation trends beforehand, alongside swift crisis communication measures to guarantee that credible sources can share precise information during crises. Despite a significant enhancement in response times (from 45 to 15 minutes), studies indicate that false news circulates up to six times quicker than accurate news, highlighting the need for continued improvement of response systems (Vosoughi et al., 2018). Policymakers might contemplate creating real-time misinformation

monitoring hubs that foster collaboration among governments, platforms, and civil society for coordinating swift responses.

In generall, contrasting these trends with worldwide data confirms that disinformation is a widespread and swiftly escalating problem, rather than merely a collection of separate incidents. Even though this research does not use official inferential techniques, comparison with global standards provides external confirmation for the recognized patterns. For example, the rise of deepfakes, synthetic identities, and AI-produced content closely reflects global growth patterns, underscoring their systemic characteristics and emphasizing key areas for action.

Expanding on this, the following section examines current policy frameworks, highlighting their advantages and drawbacks, and suggesting data-driven enhancements. Due to the cross-border nature of AI-generated misinformation, successful governance needs combined, flexible, and multi-party strategies.

3. SECTION ON ASSESSTMENT OF POLICY/GUIDELINES OPTION AND IMPLEMENTATION

3.1. Global landscape of AI regulation and country specific cases

The development and enforcement of artificial intelligence regulatory frameworks have significantly progressed around the world in recent times. By 2017, 800 artificial intelligence regulatory policies had been developed by 69 countries. Artificial intelligence regulatory frameworks are mainly established to address the possible dangers associated with artificial intelligence systems, which include discrimination, bias, vulnerability, privacy violations, and security breaches. Moreover, many artificial intelligence governance frameworks strive to strike a balance between technological advancement and safeguarding individuals' and the general public's rights, with the increasing issue of misinformation. For example, the regulatory framework for artificial intelligence in the European Union has been developed in such a way that it applies to artificial intelligence systems operating in the European Union, regardless of the provider's geographical location.

3.2. Europan Union – the AI Act 2024

The EU's Artificial Intelligence Law is an example of a well-thought-out risk-based regulatory regime in which AI applications are categorized depending on the degree of risks that might arise from their use. The regulation bans some applications because they are regarded as presenting "unacceptable risks," which include social scoring and the use of remote biometric identification technology in publicly accessible spaces. High-risk applications have tough regulatory standards, especially in cases where the AI system has been put into critical infrastructures and policing.

It is worth mentioning that the regulation imposes certain transparency requirements concerning the problem of disinformation, as it requires the disclosure of AI-generated information and adherence to current EU laws on copyright. Moreover, general-purpose AI systems having a considerable effect on society are subject to improved evaluation and governance. The new act became applicable in 2024, and most of its measures will be enforced by 2026. It is noteworthy that the act is backed by substantial financial support from Europe to ensure its implementation and proper development of AI. In addition, the regulation has extraterritorial effects, meaning that all AI systems put on the EU market or used in the EU regardless of their origin are subject to the regulation.

4. CONCLUSION

It becomes evident that the issue of disinformation in the era of the Internet is a systemic problem determined by human nature, algorithmic enhancement, and the fast development of artificial intelligence. It is also proven that false information travels much quicker and farther than the true one through social networks, which makes use of bots, fake accounts, and generators that create confusion and difficulty distinguishing reality from fiction. In its turn, the AI Act (2024) of the European Union becomes a breakthrough in regulation that includes risk-based categories, requirements for transparency, and applicability beyond borders. Therefore, maintaining the resilience of democracies implies applying complex solutions including technology, platform responsibility, psychological approaches, and global collaboration. Otherwise, it is clear that AI-generated disinformation will only continue growing at an accelerated pace.

References

1. Access Now. (2023). World Press Freedom Day: India's "fake news" law must not censor journalists. New York, NY, USA: Access Now.

2. ACI Worldwide. (2024). Deepfake fraud analysis and consumer impact report. Elkhorn, NE, USA: ACI Worldwide.

3. AI Marketing Advances. (2023). AI-based psychological targeting in digital marketing: Trends and risks. AI Marketing Advances [online resource].

4. Akamai (2024). Bot Traffic Report 2024. Cambridge, MA, USA: Akamai Technologies. BBC News. (2023). False asylum seeker claims spread online before Stockport unrest.

5. London, UK: BBC News.

6. Ben-Natan, O., Cohen, D., Cohen, I., Glazner, R., Zohar, D., Tuval, A., et al. (2021). Ghostwriter in the shell: expanding on Mandiant's attribution of UNC1151 to belarus. Somerville, MA, USA: Recorded Future (Insikt Group).

7. Boston Fed (2024). Synthetic identity fraud in the U.S. financial sector. Boston, MA, USA: Federal Reserve Bank of Boston.

8. BusinessDasher. (2024). Global Media Consumption Trends. BusinessDasher. Carnegie Endowment for International Peace (2024). The global disinformation order:

9. 2024 global inventory of organized social media manipulation. Washington, DC, USA: Carnegie Endowment for International Peace.

10. Centers for Disease Control and Prevention (2020–2021). COVID-19 vaccine misinformation monitoring system. Atlanta, GA: CDC.

11. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2021). *COVID-19 Vaccine Myths and Misinformation Tracking Report U.S.* Atlanta, GA, USA: Department of Health and Human Services.

12. China Daily (2025). AI labeling to fight spread of fake info. Beijing, China: China Daily.

13. China Global Television Network (2020). Italian citizens thank China for COVID-19 aid. Beijing, China: CGTN.

14. DataReportal (2025a). Global Digital Overview: April 2025 Update: We Are Social and Meltwater.

15. DataReportal (2025b). Global Social Media Users 2025. London, UK & San Francisco, CA, USA: We Are Social & Meltwater.

16. Department of Homeland Security (2024). Russian Disinformation Campaign Disruption Report. Washington, DC: Department of Homeland Security.

17. Dergipark (2024). Fake News Detection Models and Social Media Analysis. Dergipark. Disinformation Research. (2023). Global response times to viral disinformation: A

18. 3-year benchmark. *Disinformation Research*.

19. Dolhansky, B., Howes, R., Pflaum, B., Baram, N., Bitton, J., Fang, S., et al. (2020). The Deepfake Detection Challenge. (DFDC) Preview Dataset. arXiv [Preprint]. 1–10. doi: 10.48550/arXiv.2006.07397.

20. European Parliament (2022). Deepfakes: MEPs warn of threats to democracy. Brussels: European Parliament.

21. Exploding Topics. (2025). Social Media Usage Statistics. Boston, MA, USA: Exploding Topics.

22. Election Commission of India. (2024). Voter Awareness and Disinformation Mitigation Measures: 2024 General Election Briefing. New Delhi, India: Election Commission of India.

23. Facebook Transparency Report (2021). Community Standards Enforcement. Menlo Park, CA, USA: Facebook.

24. Freedom House. (2023). Brazil's Social Media Regulation and the Fight Against Disinformation. Washington, DC, USA: Freedom House.

25. Full Fact. (2022). Automated Fact-Checking Tools and Platforms. London, UK: Full Fact. Full Fact. (2023). No evidence supports viral asylum seeker violence claim in

26. Stockport. London, UK: Full Fact.

27. George Washington University (2024). Computational Propaganda Research Project: 2024 Global Inventory of Social Media Manipulation. Washington, DC: George Washington University.

28. Grand View Research (2024). AI Text Generator Market Size, Share & Growth Report, 2030. San Francisco, CA: Grand View Research.

29. Guess, A., Nagler, J., and Tucker, J. (2019). Less than you think: Prevalence and predictors of fake news dissemination on Facebook. Science. *Advances* 5: eaau4586. doi: 10.1126/sciadv. aau4586

30. Hillmann, P. (2023). The Deepfake That Fooled Crypto Executives. Cayman Islands: Binance Blog.

31. Hunter, C. (2024). My Experience as a Victim of Deepfake Pornography: Personal Blog. [online].

32. Hunter, J. (2024). Crisis amplification and the algorithmic public sphere: Lessons from real-time misinformation incidents. *The Journal of Crisis Media*. [Ahead of print].

33. Imperva/Statista. (2024). Share of bot traffic on the internet worldwide from 2016 to 2023. Statista, Hamburg, Germany.

34. Ipsos and UNESCO (2024). Global Survey on Internet Users' Experience with Disinformation. Paris: UNESCO.

35. Johnson, N. F., Sear, R., and Illari, L. (2024). Controlling bad-actor-artificial intelligence activity at scale across online battlefields. *PNAS Nexus*, 3, pgae004. doi: 10.1093/pnasnexus/pgae004

No 186 (186) (2026)

The scientific heritage
(Budapest, Hungary)
The journal is registered and published in Hungary.
The journal publishes scientific studies, reports and reports about achievements in different scientific fields.
Journal is published in English, Hungarian, Polish, Russian, Ukrainian, German and French.
Articles are accepted each month.
Frequency: 24 issues per year.
Format - A4
ISSN 9215 — 0365

All articles are reviewed
Free access to the electronic version of journal
Edition of journal does not carry responsibility for the materials published in a journal.
Sending the article to the editorial the author confirms it's uniqueness and takes full responsibility for possible consequences for breaking copyright laws

Chief editor: Biro Krisztian
Managing editor: Khavash Bernat

- Singula Aleksandra - Professor, Department of Organization and Management at the University of Zagreb (Zagreb, Croatia)
- Bogdanov Dmitrij - Ph.D., candidate of pedagogical sciences, managing the laboratory (Kiev, Ukraine)
- Chukurov Valeriy - Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Biochemistry of the Faculty of Physics, Mathematics and Natural Sciences (Minsk, Republic of Belarus)
- Torok Dezso - Doctor of Chemistry, professor, Head of the Department of Organic Chemistry (Budapest, Hungary)
- Filipiak Pawel - doctor of political sciences, pro-rector on a management by a property complex and to the public relations (Gdansk, Poland)
- Flater Karl - Doctor of legal sciences, managing the department of theory and history of the state and legal (Koln, Germany)
- Bence Orban - Doctor of sociological sciences, professor of department of philosophy of religion and religious studies (Miskolc, Hungary)
- Feld Ella - Doctor of historical sciences, managing the department of historical informatics, scientific leader of Center of economic history historical faculty (Dresden, Germany)
- Owczarek Zbigniew - Doctor of philological sciences (Warsaw, Poland)
- Gál Jenő - MD, assistant professor of history of medicine and the social sciences and humanities (Budapest, Hungary)
- Borbély Kinga - Ph.D, Professor, Department of Philosophy and History (Kosice, Slovakia)
- Eberhardt Mona - Doctor of Psychology, Professor, Chair of General Psychology and Pedagogy (Munich, Germany)
- Kramarchuk Vyacheslav - Doctor of Pharmacy, Department of Clinical Pharmacy and Clinical Pharmacology (Vinnytsia, Ukraine)

«The scientific heritage»
Editorial board address: Budapest, Kossuth Lajos utca 84,1204
E-mail: public@tsh-journal.com
Web: www.tsh-journal.com